

SÉRIE A, n° 4222

N° D'ORDRE :
5073

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Jean Michel FREULON

Attaché de Recherche au C.N.R.S.

1^{re} THÈSE :

ÉTUDE GÉOLOGIQUE DES SÉRIES PRIMAIRES
DU TASSILI N'AJER ET DU FEZZAN (SAHARA CENTRAL)

2^e THÈSE :

LE VOLCANISME DU JEBEL FEZZAN

Présentées et soutenues le 25 février 1959

JURY

MM. P. PRUVOST

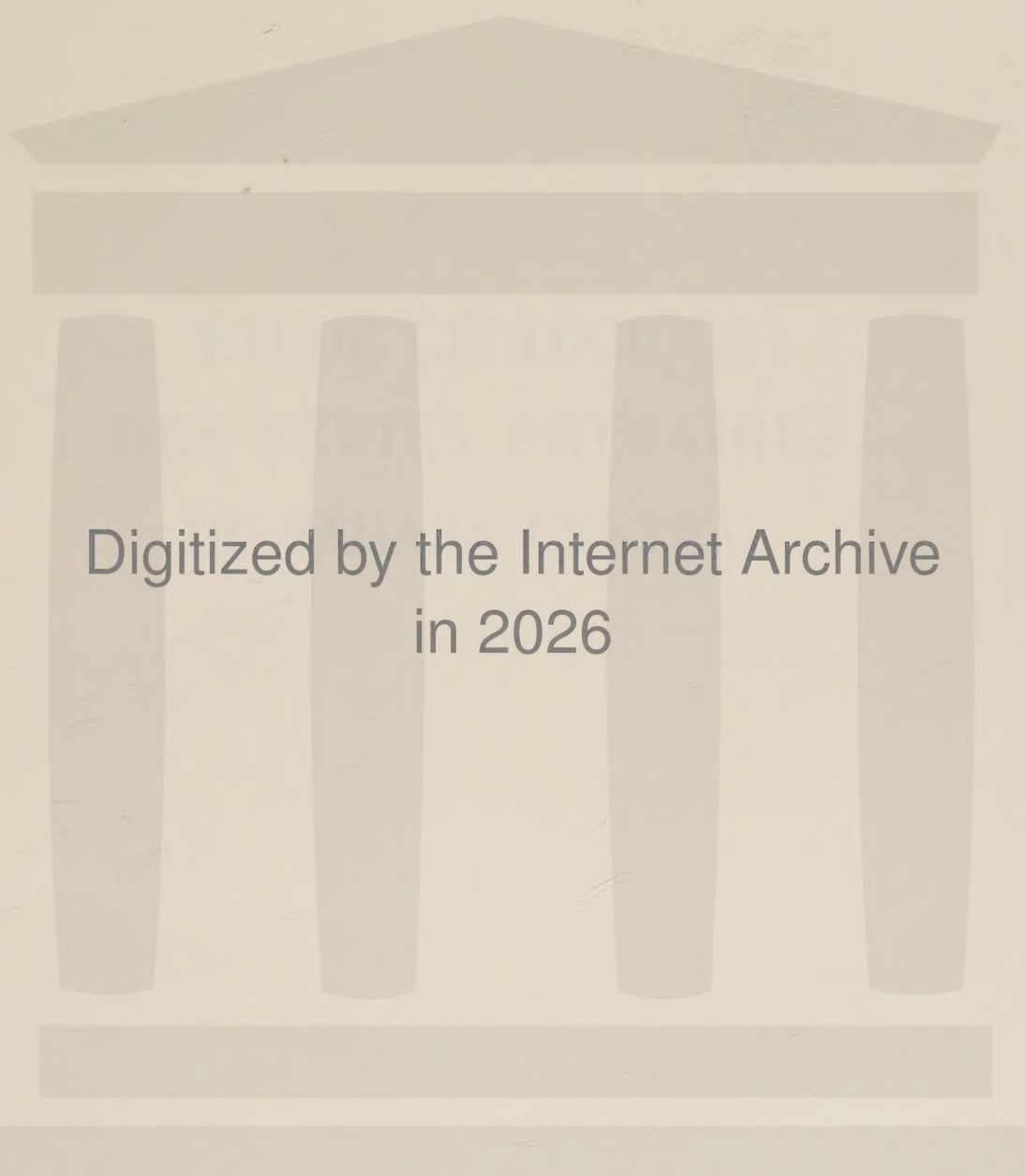
Président

E. ROCH

H. TERMIER

} *Examineurs*

N. MENCHIKOFF



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547108_0036

ÉTUDE GÉOLOGIQUE DES SÉRIES PRIMAIRES DU SAHARA CENTRAL

SÉRIE A, N° 4222

N° D'ORDRE :
5073

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

Jean Michel FREULON

Attaché de Recherche au C.N.R.S.

1^{re} THÈSE :

ÉTUDE GÉOLOGIQUE DES SÉRIES PRIMAIRES
DU TASSILI N'AJER ET DU FEZZAN (SAHARA CENTRAL)

2^e THÈSE :

LE VOLCANISME DU JEBEL FEZZAN

Présentées et soutenues le 25 février 1959

JURY

MM. P. PRUVOST

Président

E. ROCH

H. TERMIER

N. MENCHIKOFF

} *Examineurs*

THÈSES

UNIVERSITÉ DE LEIDEN

LES ÉCRITS DE JEAN DE LÉONARD DE PONS

PAR M. L. DE LÉONARD DE PONS

DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET CHIRURGIE

PAR M. L. DE LÉONARD DE PONS

DOCTEUR EN MÉDECINE



ET DE CHIRURGIE

DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET CHIRURGIE

LEIDEN, 1831

Imprimé chez M. J. J. de L. de Pons

DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET CHIRURGIE

DE LÉONARD DE PONS

DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET CHIRURGIE

DE LÉONARD DE PONS

*« Soyez indulgents quand vous nous comparez
A ceux qui furent la perfection de l'ordre
Nous qui quêtions partout l'aventure...
Nous voulons vous donner de vastes et d'étranges domaines
Où le mystère en fleur s'offre à qui veut le cueillir. »*

GUILLAUME APOLLINAIRE
(Calligrammes)

AVANT-PROPOS

Jean-Michel FREULON, dans l'Avant-Propos qu'il voulait rédiger avant de remettre son manuscrit à l'imprimeur désirait remercier tous ceux qui, au laboratoire ou sur le terrain, l'avaient encouragé ou aidé dans ses recherches : Maîtres ou chercheurs de l'Université ou du C.N.R.S., géologues des compagnies de pétrole, guides Touareg ou militaires en compagnie desquels il avait pendant de longs mois parcouru le Sahara, des Ajjers au Fezzan, au Djado et au Tibesti.

Venu de bonne heure à la géologie, il avait fait ses premières armes à l'Institut catholique d'Angers. Bientôt à la Sorbonne, il partait au Sahara dès 1950 pour une mission du Centre de Recherches Sahariennes dont il allait, jusqu'à la fin de sa vie, rester l'une des chevilles ouvrières. Sa désignation comme géologue du territoire du Fezzan lui permettait alors d'étendre ses recherches vers l'E. Il participait ensuite aux premières missions de prospection pétrolière dans l'Edjélé, le Djado, ainsi qu'à la commission de délimitation de la frontière Algéro-Libyenne. Il avait pris une part active au Congrès géologique International d'Alger en 1952, dans la préparation et la conduite des excursions ainsi qu'à l'élaboration des cartes sahariennes qui furent publiées à cette occasion.

Que tous ceux qui l'ont connu ainsi, au laboratoire ou en mission, qui ont collaboré avec lui dans des recherches ou des publications communes sachent qu'il parlait souvent d'eux avec reconnaissance et amitié et s'apprêtait à leur rendre ici même un chaleureux hommage.

N. MENCHIKOFF.

AVERTISSEMENT

Le présent mémoire a été présenté le 25 février 1959 comme thèse de doctorat d'état à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris. Il faisait le point de recherches commencées en octobre 1950 et poursuivies d'abord dans les conditions souvent difficiles des explorations d'après-guerre : à chameau, puis en automobile, mais souvent au gré de missions militaires.

La prospection du pétrole, en amenant dans ces régions un grand nombre de géologues, fit faire ensuite des progrès rapides à l'étude des formations sédimentaires, celles du Primaire en particulier. J.-M. FREULON, qui était resté l'un des pionniers en ce domaine, n'avait pas voulu que ce mémoire ne fut pas parfaitement à jour en toutes ses parties. Aussi avait-il entrepris à la suite de nouvelles missions, de remanier certains chapitres. Cette mise à jour, retardée par une mission en Himalaya, la préparation des cartes géologiques au 1/500.000, Fort de Polignac et Ouallen, et surtout la nouvelle édition de la carte au 1/2.000.000 du Sahara, n'était pas terminée lorsque survint, le 18 septembre 1962, l'accident de voiture qui mit tragiquement fin à une carrière pleine de promesses et déjà riche de réalisations.

L'ouvrage présenté ici correspond au manuscrit tel qu'il l'a laissé. Nous n'avons pas cru en effet devoir compléter le texte sauf dans les cas, malheureusement trop rares, où des notes explicites le permettaient. Tel que, il est donc moins parfait que son auteur l'eût souhaité.

J.-M. FREULON avait en effet prévu d'y ajouter, outre un Avant-Propos, un certain nombre de chapitres ou de paragraphes, notamment :

- un chapitre sur les formations continentales tertiaires et quaternaires,*
- un chapitre sur le volcanisme récent et ses rapports avec la structure de la région étudiée,*
- un paragraphe sur les mouvements post-hercyniens,*
- un chapitre de conclusions générales.*

Il se proposait aussi d'étoffer la partie morphologique (chap. III), le chapitre sur le socle Précambrien et les paragraphes concernant les corrélations entre les diverses formations distinguées dans le Cambro-Ordovicien, le Gothlandien, le Carbonifère et celles qui leur correspondent à travers le Sahara.

De même, quelques figures, en particulier des logs, manquent ou restent incomplètes.

Un certain nombre d'observations de l'auteur, qui n'avaient pas encore trouvé place dans ce mémoire, ont été incorporées par lui dans les cartes géologiques dont il a été question plus haut. Celles-ci, ainsi que les schémas structuraux au 1/2.000.000 (qui seront ultérieurement publiés, comme il en avait l'intention, sous forme d'un atlas au 1/5.000.000), sont en fait les compléments de cet ouvrage. Ainsi pensons-nous que cette vue d'ensemble sur le Paléozoïque du N et de l'E de l'Ahaggar restera un document de base pour la géologie saharienne.

CHAPITRE PREMIER

INTRODUCTION

Cadre de cette étude

Les régions étudiées et reconnues dans ce mémoire, c'est-à-dire, à l'W le Tassili n'Ajjer et à l'E le Fezzan, se trouvent comprises entre le 6^e et le 15^e degré de longitude E, et entre le 23^e et le 28^e degrés de latitude N (voir fig. 1). Elles comprennent tous les grands plateaux

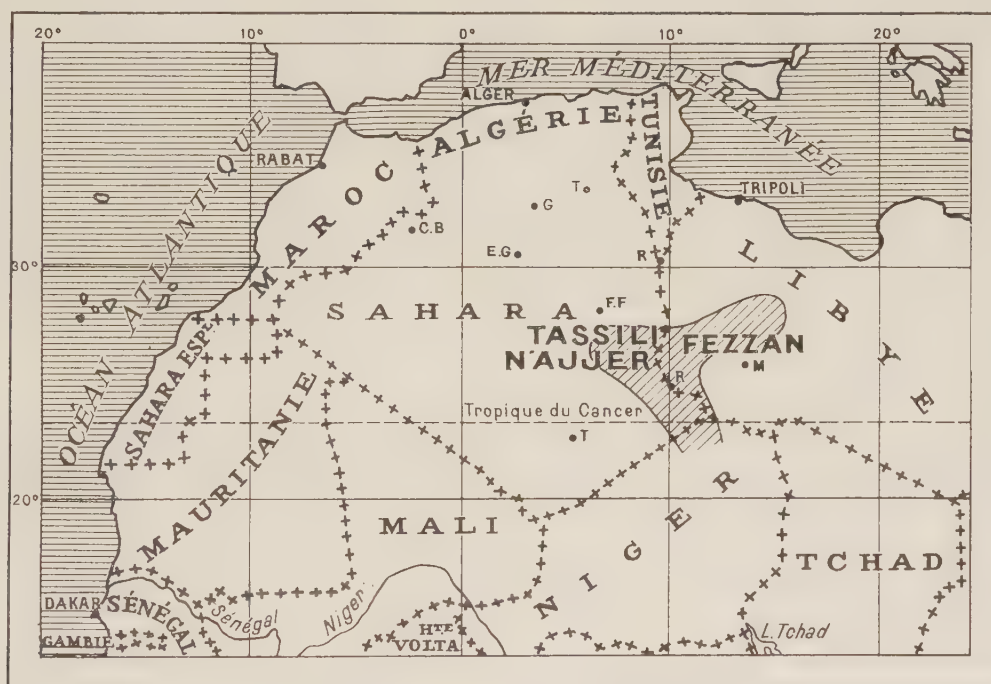


Fig. 1. — Carte de situation des régions étudiées.

du Tassili n'Ajjer : depuis la région d'Amguid à l'W jusqu'au Tadrart et aux premiers contre-forts du Djado vers le S-E, ainsi que la plus grande partie des régions W et N du Fezzan. Ce territoire se trouve en plein cœur du Sahara, à plus de 600 km de la Méditerranée en son point le plus rapproché, et à plus de 1.100 km à vol d'oiseau d'Alger. C'est une immense

zone presque totalement désertique, à l'exception de quelques rares vallées et points d'eau dans le Tassili n'Ajjer et de plusieurs grandes traînées d'oasis au Fezzan. Cet ensemble se révèle très homogène du point de vue structural et géologique, coupé seulement d'une façon artificielle par la frontière politique qui sépare le Sahara algérien du Royaume-Uni de Libye.

Si nous adoptons les coupures classiques, qui permettent de distinguer, outre un Sahara septentrional couvrant le Sud-Algérien s. str. et le Sud-Tunisien, et un Sahara méridional coïncidant à peu près avec la frange sahélienne, trois grands ensembles : le Sahara occidental, à l'W du méridien 0, le Sahara central (entre les méridiens 0 et 20 E) et le Sahara oriental à l'E du 20^e méridien E, la zone étudiée couvre une grande partie du Sahara central, à l'E et au N du Bouclier Touareg.

Cartes topographiques

Dans la plus grande partie du Sahara central et oriental, seules quelques régions privilégiées avaient fait, jusqu'en 1955, l'objet de levés topographiques réguliers.

A l'W, le Tassili n'Ajjer était bien couvert par les cartes de reconnaissance au 1/200.000 de l'I.G.N. (dressées avant guerre par le Service Géographique de l'Armée), réduites et synthétisées dans les feuilles au 1/500.000. Cependant, si certaines feuilles, notamment celles publiées dans les dernières années, vers 1937-1939 (voir par exemple, les feuilles Oued-Samène, Fort-Tarat, Fort-Charlet...) étaient remarquables, compte tenu notamment des conditions de travail de l'époque, la topographie en était encore souvent insuffisante, principalement pour les Tassilis internes, de relief assez confus, et pour les pays prétassiliens, de parcours difficile. Enfin, vers l'extrême-S des Ajjer, les levés s'arrêtaient à peu près au 24° N, si l'on excepte un vague itinéraire plus au S, vers In-Ezzan. A l'E et au S (Tadrart et Ténéré) c'était le blanc total, à l'exception de quelques rares et très insuffisants levés d'itinéraires d'officiers méharistes. Enfin, pour le N du Djado, il existait une carte de reconnaissance au 1/500.000 levée et publiée par le Service Géographique de l'A.O.F. (feuille Toummo-In Ezzan dressée par le Capitaine LARROQUE en 1939).

Vers l'E, au Fezzan, on ne possédait que les anciennes cartes italiennes datant de 1935-1940 (feuilles au 1/400.000 et au 1/1.000.000), malheureusement souvent très fantaisistes. Les cartes publiées par les services français, anglais ou allemands ne faisaient généralement que reproduire les premières cartes italiennes amplifiant le plus souvent leurs défauts et leurs inexactitudes. Il faut en outre citer les très importants itinéraires de M. LELUBRE (1943-1945), souvent excellents, pour ces dernières régions, mais ne couvrant évidemment qu'une partie restreinte du Fezzan.

Dans ces conditions, pendant les trois premières années, avant que l'I.G.N. n'entreprenne la couverture photographique aérienne, il me fallut procéder constamment à des levés d'itinéraires. Ces levés topographiques, basés sur des points astronomiques, étaient effectués à l'aide d'une boussole à bain d'huile (boussole Topochaix) et les distances mesurées, soit au compteur kilométrique (dans le cas de déplacements en voiture), soit à la montre (dans le cas de déplacements à chameau). Corrigés grâce à une triangulation très sommaire sur quelques points remarquables, ces levés étaient souvent d'une précision suffisante pour des pays de structure géologique assez simple. Ils ont tous été effectués au 1/200.000 ou

même quelquefois au 1/100.000 (ce fut le cas du Jebel Fezzan, avec ses nombreux pointements volcaniques). Les minutes ont été réduites au 1/500.000 et complétées à l'aide des documents existant antérieurement. Comme pour l'Ahaggar (M. LELUBRE, 1952) et les tassilis du N de l'Ahaggar (Ahnet et Mouydir, J. FOLLOT, 1952), ce furent ces cartes de reconnaissance au 1/500.000 qui servirent de document de base et de fond topographique pour l'étude géologique des Tassilis et du Fezzan.



Fig. 2. — Tableau d'assemblage des cartes topographiques et géologiques.

Les altitudes étaient déterminées à l'altimètre-barométrique, les observations sur le terrain étant corrigées d'après les enregistrements barométriques des stations météorologiques de Rhat, Djanet, Sebha et Tripoli.

En bordure de la frontière, j'ai pu utiliser les points astronomiques des minutes au 1/200.000 de l'I.G.N. pour rattacher mes itinéraires ; malheureusement, à l'intérieur du Fezzan, peu de points astronomiques étaient utilisables, à l'exception de ceux intéressant les principaux centres [positions déterminées par les Italiens avant 1940 (LIMER et PETROLINI) ou par la mission française en 1944 (QUENEY)].

Une seule carte géologique a été publiée par les soins de l'Institut de Recherches Sahariennes de l'Université d'Alger (SEBHA en 1955), les autres feuilles, déjà à l'état de maquettes, se trouvant ensuite rapidement périmées à la suite des travaux des puissantes missions pétrolières et la publication des couvertures de photographies aériennes en Libye.

Index des cartes utilisées ou consultées

Cartes françaises (Institut Géographique National).

Croquis de l'Afrique française au 1/1.000.000. Feuilles Ft.-Charlet (Djanet) (NG.32), Tripoli (NH.33), In-Azaoua (NF.32) et Djado (NF.33).

Carte de l'Afrique du Nord au 1/500.000. (Type spécial pour les régions sahariennes). Feuilles : Ft-de-Polignac (NG.32 NW, levé en 1938), Ft-Tarat (NG.32 NE, 1936), Ft-Gardel (NG.32 SW, 1942), Ft-Charlet (Djanet) (NG.32 SE, 1936).

Carte des régions sahariennes au 1/200.000. Feuilles : Ta-n-Elak (NG.32 XIX, levée en 1935-36), Isaouane-n-Irarraren (NG.32 XX, 1935-36), Tadjentourt (NG.32 XXI, 1933-34-35-36), Hi Bourarhet (XXII, 1933-34), Ta-n-Mellet (NG.32 XIII, 1935-36), Oued Samène (NG.32 XIV, 1935-36), Ft-de-Polignac (NG.32 XV, 1933-34-35-36), Ft-Tarat (NG.32 XVI, 1933-34), Erg Tihodaine (NG.32 VII, 1937-38), Aharhar (NG.32 VIII, 1936-37-38), Iherir-Dider (NG.32 IX, 1936-37), Ihreri (NG.32 X, 1933), Ft-Gardel (Zaouatellaz) (NG.32 III, 1936-37), Ft-Charlet (Djanet) (NG.32 IV, 1932-33-36-37), Tin-Alkoum (NG.32 V, 1932-33-36-37), Tin-Alkoum (NG.32 V, 1932-33) et In-Ezzane (NF.32 XXIII-XXIV, 1932-34).

Carte du Sahara au 1/200.000 (nouvelle édition). Feuilles : Ta-n-Elak (NG.32 XIX, 1961), Isaouane-n-Irarraren (NG.32 XX, 1961), Tadjentourt (NG.32 XXI, 1961), Edjeleh (ex-Hi Bourarhet) (NG.32 XXII, 1961), Oued Samène (NG.32 XIV, 1961), Ft-de-Polignac (NG.32 XV, 1961), Ft-Tarat (NG.32 XVI, 1961).

Croquis de reconnaissance des régions sahariennes de l'A.O.F. (publiés par le Service Géographique de l'A.O.F.) au 1/500.000. Feuille Toummo (NF.33 NW, 1939).

Carte aéronautique du monde au 1/1.000.000 (OACI) publiée par l'I.G.N. Feuilles : Jebel es Souda (2450, 1958), Ft-Charlet (2540, 1959), Oasis Sebha (2541, 1958), In Azaoua (2571, 1960), Tibesti Ouest (Djado) (2570, 1959).

Carte aéronautique du monde au 1/1.000.000 (OACI) : — World Aeronautical Chart (ed. U.S.A.) : Feuilles : 2450 (Jebel es Souda, 1951), 2451 (Tinrhert, 1950), 2540 (Mt-Djenoun, 1951), 2541 (Oasis Sebha, 1951), 2571 (Mt Serkout, 1951), 2570 (Toussidé Peak, 1952), 2569 (Mt Hessi, 1951).

Carte de reconnaissance du Sahara libyque au 1/500.000, publiée par l'Institut de Recherches Sahariennes de l'Université d'Alger. Feuille Sebha (NG.33 NW, 1954).

Cartes italiennes :

« *Carta dimostrativa della Tripolitania* » au 1/400.000. Feuilles : Socna-Hun (Foglio 18), Auenat-Uennin (F° 17), Sebha (F° 27).

« *Carta dimostrativa della Tripolitania* » au 1/1.000.000. Feuilles : Ubari (F° 3), Sebha (F° 4), Gat-Mürzuch (F° 5), El Gatrün-Uàu (F° 6).

Glossaire des termes locaux

Abréviations : tam = tamachek, ar. = arabe, berb. = berbère.

- abankor* (tam.) : trou peu profond creusé dans le lit d'un oued pour obtenir de l'eau synonyme : *tilmas*).
- adrar* (tam.) : montagne, massif montagneux ; plur. : *idraren* ; fém. ou diminutif : *tadrart* (synonyme arabe : *djebel*).
- afara* (tam.) : voir *maader* ; plur. : *iferouan*.
- aguelmam* (tam.) : mare généralement permanente (synonyme arabe : *guelta*).
- aïn* (ar.) : source, puits artésien.
- anou* (tam.) : puits ; synonyme arabe : *bir*, *hassi*.
- bir* (ar.) : puits.
- chaâba* (ar.) : ravin, petite gorge.
- chebka* (ar.) : littéralement filet, réseau de ravins disséquant un plateau ou une région de collines.
- chott* (ar.) : zone entourant une *sebkha* (au sens de rivage) ; souvent employé comme équivalent de *sebkha*.
- daya* (ar.) : fond d'une petite dépression fermée (= *daïa*).
- djebel* (ar.) : montagne ou massif montagneux (= *jebel*).
- djoua* (ar.) : couloir ou dépression allongée.
- edeyen* (tam.) : grande étendue de sable, peu accidentée ou ensemble de grandes dunes très arrondies.
- esaoui* (tam.) : synonyme de *eteres*.
- eteres* (tam.) : élargissement d'une vallée, débouché d'un affluent dans la vallée principale ; zone d'oued souvent couverte de végétation persistante ; plur. : *itersan* ; diminutif : *itersine*.
- emi* (teda) : montagne, massif montagneux.
- enneri* (teda) : cours d'eau ; désigne le plus souvent le *thalweg* desséché ; terme utilisé surtout dans le Djado et le Tibesti.
- irrekam* (tam.) : grès ruiniformes à la surface des plateaux cambro ordoviciens [provient sans doute de *erekkem* (plur. : *irekkemen*) grain comestible de l'*aremmoud* (*Aristida plumosa*) (note J.-P. Lefranc)].
- erg* (ar.) : massif sableux, ensembles plus ou moins complexes de dunes. Synonymes touareg : *edeyen*, *iguidi*.
- fchfch* (ar.) : sol peu compact, formé d'argiles pulvérulentes, avec très souvent une forte proportion de gypse.
- feidj* (ar.) : grande étendue de sable entre les dunes, couloir interdunaire.
- foggara* (ar.) : galerie souterraine drainant l'eau d'une nappe vers une zone située en contrebas ; cette galerie souterraine se trouve souvent jalonnée en surface par des puits d'aération espacés plus ou moins régulièrement.
- gara* (ar.) : butte-témoin, relief, colline isolée, à pente raide, le plus souvent terminée par un sommet tabulaire. Plur. : *gour*, en rapport d'annexion : *garet*.
- gargaf* (ar.) : terme fezzanais pour désigner un grand plateau gréseux plus ou moins raviné.
- gasr* (ar.) : terme général fezzanais désignant un petit fortin ou par extension un petit village fortifié (= *qsar*).
- gassi* (ar.) : dans un erg, couloir entre les dunes, souvent à sol dur ; quelquefois, pente sableuse dans un couloir interdunaire.
- ghourd* (ar.) : dune isolée à sommet pointu.
- guelta* (ar.) : mare, souvent permanente.
- hamada* (ar.) : grand plateau rocailleux et désertique ; par extension surface structurale horizontale ou subhorizontale.
- hassi* (ar.) : puits.
- iguidi* (tam.) : massif de dunes vives, souvent à relief accentué.
- kerboub* (ar.) : bille, concrétion sphérique très abondante dans certains grès.

kheneg (ar.) : trouée, gorge étroite, cluse (voir aussi *khenig*) ; à ne pas confondre avec *foum* (porte, bouche), désignant l'entrée même de la trouée, plur. de *khagha*.

kori (haoussa) : oued dans l'Aïr.

ksar (ar.) : petit fortin ou réduit fortifié (voir ci-dessus *gasr*).

maader (ar.) : grande zone d'épandage d'un oued, avec végétation abondante. Voir aussi : *daya*, *eteres*, *esaoui*.

oued (ar.) : cours d'eau, le plus souvent temporaire. En Libye et en Egypte voir *ouadi* (plur. : *ouidan*).

ramla (ar.) : petit erg, sable.

reg (ar.) : grande étendue sableuse, le plus souvent parfaitement plate, avec ou sans petits galets roulés.

sebkha (ar.) : fond de dépression fermée, zone d'évaporation pour les eaux de ruissellement ou pour une nappe souterraine, caractérisée par la présence de dépôts salins et l'absence de végétation (voir aussi : *chott*).

serir (berb.) : désigne une grande plaine sableuse, souvent avec petits galets roulés, très peu accidentée (voir aussi *reg* (ar.) ou *ténéré* (tam.) ; on dit aussi *asrir*).

sif (ar.) : arête incurvée d'une dune vive (littéralement : la lame d'un sabre) ; par extension, souvent la dune elle-même. Plur. : *siouf*.

tadrart (tam.) : montagne, massif montagneux (fém. ou diminutif de *adrar*).

tanezrouft (tam.) : grande plaine sableuse, vaste étendue plate dépourvue d'eau et de végétation (voir aussi : *reg*, *ténéré*).

tanout (tam.) : petit puits (féminin de *anou*).

layart (tam.) : couloir plat entre de grandes chaînes de dunes (voir aussi : *gassi* et *feidj*).

tassili (tam.) : grand plateau gréseux, subhorizontal, plus ou moins raviné.

tehi (tam.) : col, passage plus ou moins étroit dans une chaîne montagneuse ou dans une falaise.

ténéré (tam.) : vaste plaine sablonneuse ; semble être un synonyme à peu près exact de *tanezrouft*.

tilmas (berb.) : puits peu profond creusé dans les alluvions d'un oued (synonyme touareg : *abankor*).

On se référera utilement à l'important glossaire paru en 1963 dans les travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes : R. CAPOT-REY, A. CORNET, B. BLAUDIN de THÉ : Glossaire des principaux termes géographiques et hydrogéologiques sahariens. *Inst. Rech. Sah. Alger*.

Photographies aériennes

Depuis 1954, l'Institut Géographique National (I.G.N.) a effectué une série de missions aériennes pour couvrir complètement le Sahara algérien. Malheureusement, cette couverture aérienne fut réalisée en plusieurs phases et je ne pus, le plus souvent, disposer des photographies pendant mes levés sur le terrain même.

En 1954, comme dans la plus grande partie du nord du Sahara, à la demande des sociétés de pétrole (ici, la C.R.E.P.S.), l'I.G.N. commença la couverture photographique aérienne de la partie nord du Bassin de Polignac, s'arrêtant approximativement un peu au S du parallèle de Fort-de-Polignac (photographies aériennes à l'échelle approximative du 1/55.000).

Puis, en 1955-56, fut entreprise la couverture des tassilis internes, entre la zone précédente et la partie du Ahaggar déjà couverte à la demande du B.R.M.A.

Enfin, en 1959, l'I.G.N. effectua une nouvelle couverture de la partie nord du Bassin de Fort-de-Polignac, à une échelle un peu plus petite (sensiblement le 1/60.000).

Il faut citer également quelques bandes de photographies aériennes trimétriques (avec une vue verticale et deux obliques) prises pendant la dernière guerre par l'aviation

américaine (1942-1943). Ces photographies, diffusées par l'I.G.N., sont souvent difficilement utilisables pour des levés géologiques de précision et pour des restitutions topographiques (nombreuses zones nuageuses, très grande imprécision du cheminement, etc.), mais présentent par contre, la plupart du temps, un très grand intérêt documentaire. Un certain nombre de ces photographies obliques ont d'ailleurs été reproduites dans cet ouvrage.

Ces photographies aériennes, documents absolument indispensables, aussi bien pour l'étude de la morphologie et de la structure que pour les simples levés géologiques, n'existent malheureusement pas encore pour la partie libyenne (Fezzan) ou, propriétés des compagnies pétrolières de ce pays, me sont restées inaccessibles.

CHAPITRE II

I. HISTORIQUE

Il apparaît superflu de fournir ici un historique détaillé des recherches géologiques dans les tassilis du NE de l'Ahaggar, recherches intimement liées aux grandes explorations du Sahara central. Un tel historique a déjà été tracé par plusieurs auteurs, en particulier par E. HAUG (1905), par E.-F. GAUTIER, par M. LELUBRE (1952), par R. FURON (1955), etc.

Par ailleurs, je donnerai, avant chaque description régionale, une courte introduction historique à laquelle on pourra toujours se reporter.

On peut rappeler en quelques lignes cependant les grandes périodes des recherches géologiques depuis un siècle à travers le Sahara central, avec :

— *la période héroïque des grandes explorations*, avec les noms H. BARTH et OVERWEG, H. DUVEYRIER, etc., la première Mission Flatters (Ing. ROCHE) et la Mission FOUREAU-LAMY.

— *de 1900 à 1940, la période des grandes découvertes*, marquée par les explorations et les découvertes de C. KILIAN, de N. MENCHIKOFF, de A. DESIO, etc.

— *de 1940 à 1955, la période des études systématiques* ; elle voyait enfin un certain nombre de géologues aborder l'étude détaillée et ordonnée des régions les plus intéressantes : M. LELUBRE pour le Précambrien de l'Ahaggar, J. FOLLOT pour le Primaire de l'Ahnnet et du Mouydir, P. BORDET pour le volcanisme du Sahara central, A.-F. de LAPPARENT pour les problèmes des séries continentales mésozoïques, J.-P. LEFRANC, le Crétacé des Hamadas, J.-M. FREULON, le Primaire du Tassili n'Ajjer et du Fezzan, J. BLAISE, le Précambrien de l'Ahaggar oriental, etc.

De son côté, dès 1944, l'Institut de Recherches sahariennes de l'Université d'Alger, envoyait une mission scientifique au Fezzan, pour continuer l'œuvre, déjà importante, des Italiens. Des géologues et géographes y participaient et ramenaient de nombreux résultats : M. DALLONI, R. CAPOT-REY, N. MENCHIKOFF, P. BELLAIR, M. LELUBRE, etc.

Enfin, de 1949 à 1951, plusieurs autres géologues effectuaient des reconnaissances à travers le Fezzan : Missions hydrogéologiques de R. MULLER-FEUGA, de A. CORNET et de P. BELLAIR.

Les recherches géologiques depuis 1954

La période actuelle qui commence au Congrès géologique international d'Alger, en 1952, voit enfin une intensification de toutes les recherches géologiques à travers le Sahara.

D'une part, il faut noter l'arrivée des grandes compagnies de recherches de pétrole. Avec de très importants moyens en personnel et en matériel, disposant enfin d'une couverture de photographies aériennes complètes, elles ont entrepris l'étude systématique de tous les bassins sédimentaires qui les intéressaient. On peut citer en particulier : la Compagnie de Recherches et d'Exploitation de Pétrole au Sahara (C.R.E.P.S.) pour les bassins primaires de l'Ahnnet, du Mouydir et du N du Pays Ajjer, de la Compagnie Française des Pétroles (C.F.P.) pour une partie du Fezzan, la R.E.P.A.L., la C.P.A., la C.E.P., pour des régions situées plus au N et de nombreuses compagnies américaines ou anglaises pour le Fezzan ¹.

En même temps, le Bureau de Recherches du Pétrole (B.R.P.) envoyait plusieurs missions géologiques de pré-reconnaissance disposant également de puissants moyens (Missions du Touat, Mission du Djado, etc.).

Enfin, à la même époque, les Services géologiques d'A.O.F. et d'A.E.F. lançaient leurs géologues à l'étude des confins désertiques, Djado et Tibesti (Ph. RENAULT, H. FAURE, Mission du Tibesti avec G. GÉRARD, Ph. WACRENIER, P. VINCENT, etc.), dans le but de couvrir ces régions par des cartes géologiques régulières. Il devenait dès lors possible de connaître l'extension vers le S des grands bassins paléozoïques du Sahara central.

Recherches personnelles

(Voir la carte du Tassili n'Ajjer et du Fezzan, h.-t. n° 1.)

Cinq saisons annuelles de travail sur le terrain furent nécessaires pour reconnaître sommairement les grandes lignes de la géologie de ces régions, mettre sur pied une première esquisse stratigraphique et élaborer une première carte de reconnaissance du 1/500.000, synthèse vite dépassée avec l'arrivée des géologues pétroliers et la publication par l'Institut Géographique National de la couverture photographique aérienne, pour la presque totalité de ces régions.

Une première mission, effectuée d'octobre 1950 à mai 1951, a été consacrée aux séries primaires de la partie E du Tassili n'Ajjer (Tadrart et confins tebou-touareg), avec de brèves traversées des Grès de Nubie du Messak. Elle se termina par une reconnaissance rapide dans le Fezzan nord-occidental, depuis le Chati jusqu'à la région d'Aouinet-Ouenin.

Une deuxième mission, effectuée d'octobre 1951 à mai 1952, m'a conduit à travers tout le Fezzan : reconnaissance des confins tebou du Sud-Fezzan (de Kourizo à Toumo et Ouig el Kebir), puis long itinéraire à travers l'Edeyen d'Oubari jusqu'à la frontière algérienne, pour étudier les séries carbonifères. Un dernier raid, effectué en compagnie de MM. P. BELLAIR et J.-P. LEFRANC nous amena, après une traversée de l'Harouj el Assoued, sur la bordure

1. Un excellent historique des recherches de pétrole dans le Sahara a été donné récemment par F. NOUGAREDE (1958).

occidentale du désert libyque et, au retour, de Ouaou-en-Namous au Meherchema par Ouaou-el-Kebir.

Au cours de la *troisième mission*, effectuée de septembre 1952 à juin 1953, la plus grande partie de mon activité fut consacrée plus particulièrement à l'étude des séries tassiliennes, soit dans le Tassili n'Ajjer (de Rhat au Tihemboka), soit dans le Jebel Fezzan. En février de la même année, un rapide itinéraire me permet de reconnaître les confins Ajjer-Tebou, de Toumo à In Ezzan par Salvador et l'Emi Bouli.

— Au cours de l'hiver 1953-1954, je pus entreprendre, en liaison avec les premières missions pétrolières (C.R.E.P.S.), l'étude détaillée des séries primaires de la partie centrale septentrionale du Tassili n'Ajjer, c'est-à-dire, en gros du Bassin de Fort-de-Polignac, depuis la frontière libyenne jusqu'à la dorsale d'Amguid.

Puis, à la fin de 1954, deux rapides missions avec des équipes de géologues pétroliers (C.R.E.P.S. et C.F.P.A.) me permirent d'achever les levés géologiques de ces régions.

De décembre 1954 à mars 1955, je fus appelé à participer à la Mission géologique du Borkou-Ennedi-Tibesti, organisée par le Service géologique d'A.E.F., et je pus ainsi prendre contact avec les séries paléozoïques du Sahara oriental, du Djado à la frontière du Soudan.

De 1955 à 1957, en dehors d'une rapide reconnaissance dans le bassin du Djado (mission de pré-reconnaissance B.R.P.), je ne pus effectuer de travail sur ces régions, mais j'eus l'occasion de survoler à plusieurs reprises la partie centrale du Tassili n'Ajjer et du Fezzan, sur laquelle on ne possédait que peu de documents cartographiques.

Enfin un court voyage dans le Bassin de Fort Polignac (janvier 1959) et une dernière et récente mission dans le Nord du Tassili n'Ajjer (bassin de Fort Polignac et région d'Amguid) de mars à mai 1961 m'ont permis de revoir en particulier les coupes désormais classiques du Carbonifère.

II. BIBLIOGRAPHIE

La bibliographie suivante — bibliographie de travail — n'a pas la prétention d'être complète. Elle ne comprend que les ouvrages cités dans le texte ou ayant été effectivement utilisés, directement ou indirectement, pour la rédaction de ce travail. Elle a été divisée en deux parties. La première comprend les principales publications géologiques ou géographiques relatives à la région étudiée. La seconde, toutes les études relatives à d'autres régions africaines et utilisées, notamment, pour l'élaboration des schémas paléogéographiques, ainsi que les études d'ordre plus général.

Le renvoi aux références est indiqué dans le texte, par le nom de l'auteur, suivi de l'année et, éventuellement, d'un numéro d'ordre.

En dehors de ce travail, on pourra trouver des bibliographies très complètes dans :

BLONDEL F. Bibliographie géologique et minière de la France d'Outre-Mer. T. II, p. 423-639.

Cette bibliographie, arrêtée à 1940, se trouve continuée dans la Chronique des Mines d'Outre-Mer et de la Recherche minière.

DESIO A. (1949). Bibliografia geologica italiana dell'Africa (sino al 1948 incluso). *Coll. scient. e docum. a cura dell'ufficio studi del ministero dell'Africa Italiana*. Libia, p. 1-32, vol. XV, Roma.

I. PUBLICATIONS RELATIVES AU TASSILI N'AJJER ET AU FEZZAN

BARTH H. (1858). Reisen und Entdeckungen in Nord und Central-Afrika im Jahren 1843 bis 1855. *Gotha*, 1857-1858, 5 vol.

— Voyages et découvertes dans l'Afrique septentrionale et centrale de 1845 à 1855. Paris, Bruxelles, Leipzig, 1860-1861 et 1865-1889, 4 vol. (Trad. par P. Ithier).

BARY E. von (1898). Le dernier rapport d'un Européen sur Ghât et les Touareg de l'Aïr (Journal de voyage d'Erwin von Bary, 1876-1877, traduit et annoté par M. Schirmer). *Fischbacher ed.*, Paris, 221 p., 1 fig., 1 pl., h.v. (voir appendice II, note géologique, p. 27, 94-110, 121, 152, 159, 174-175, 186).

BELLAIR P. (1944). Sur l'âge du calcaire de Mourzouk. *C.R. Ac. Sc.*, 219, p. 490-491.

— (1944). Les eaux superficielles et les ressources probables en eaux profondes du Fezzan (Sahara oriental). *C.R. Ac. Sc.*, 219, p. 557-559.

— (1945). Les éléments lourds dans les sables de l'erg d'Oubari (Fezzan). *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, p. 95-97.

— (1945). La Mission scientifique du Fezzan, Géologie. *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, Alger, 3, p. 163-167.

— (1946). Contribution à l'étude de l'hydrogéologie de la Cuvette fezzanaise. *Miss. Sc. du Fezzan (1944-1945)*, II, *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, Alger, 116 p., 6 fig., 18 pl.

— (1947). Sur l'âge des affleurements calcaires de Mourzouk, de Zouila et d'El Gatroun. *Trav. Ins. Rech. Sahar.*, Alger, 4, p. 155-163, 1 fig., 3 pl.

— (1948). Données nouvelles sur le problème de l'eau au Fezzan. *Bull. Soc. Sc. Nat. Tunisie*, Tunis, I, p. 22-23.

— (1949). Le Quaternaire de Tejerhi (Fezzan). *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, p. 160-162.

- BELLAIR P. (1951). La Ramla des Daouada (Fezzan). *Trav. Inst. Rech. Sahar.* Alger, 7, p. 69-85, 3 fig., 3 pl.
- (1953). Géologie de la Gara d'In Ezzane (Sahara central) et de l'Emi Bouli (Confins Algéro-nigériens). *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, Alger, X, p. 181-189, 2 pl.
- BELLAIR P., FREULON J.-M. et LEFRANC J.-P. (1954). Découverte d'une formation à Vertébrés et Végétaux d'âge tertiaire au bord occidental du Désert Libyque (Sahara oriental). *C.R. Ac. Sc.*, t. 239, p. 1822-1824, Paris.
- BEYRICH E. (1852). Bericht über die von Overweg auf der Reise von Tripoli nach Murzuck und von Murzuck nach Ghat gefundenen Versteinerungen. *Zeitschr. der deutsch. geol. Gesell.*, IV, p. 143, Berlin.
- BOUDERBA I. (1860). Voyage à R'at. *Bull. Soc. Géogr.*, Paris, 4^e série, t. 19, p. 145-190.
- BOURCART J. et GANDILLOT J. (1928). Reconnaissance Djanet-Toummo (Sahara oriental). Rapport géologique du Lieutenant Fouquet. *Rev. géogr. phys. géol. dyn.*, Paris, vol. I, p. 271-286, 1 fig., 2 pl. (cartes au 1/400.000^e).
- BOUREAU E., CLARACQ P. et NOUGARÈDE F. (1957). Sur la paléobotanique et la stratigraphie du Bassin de Fort-Polignac. *C.R. Ac. Sc.*, t. 244, 29 juil. 1957, p. 544-545.
- BOUREAU E. et FURON R. (1948). Présentation d'un stromatolithe découvert par M. Dalloni entre le Hoggar et le Tibesti. *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, p. 144.
- BORCHI P. (1939). Fossili devonici del Fezzan. *Ann. Museo Libico Storia Natur.*, vol. I, p. 115-183, 5 pl., Tripoli.
- (1940). Fossili paleozoici marini dell'Uadi Ubarracat. *Ann. Museo Libico Storia Natur.*, vol. II, p. 93-122, 3 pl., Tripoli.
- BORCHI P. et CHIESA C. (1940). Cenni geologici e paleontologici sul Paleozoico dell'Egghidi Uan Caza nel Deserto di Taita (Fezzan occidentale). *Ann. Museo Libico Storia Natur.*, vol. II, p. 123-127, 1 pl., Tripoli.
- CAPOT-REY R. (1945). La Mission scientifique du Fezzan : Géographie. *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, III, p. 171-176, Alger.
- (1947). L'Edeyen de Mourzouk. *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, IV, p. 67-109, Alger.
- (1953). Recherches géographiques sur les confins algéro-libyens. *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, t. X, p. 33-73, 15 pl., Alger.
- CHAVAND J.-C. et CLARACQ P. (1959). La disparition du Tassili externe à l'E de Fort-Polignac (Sahara Central). *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, 1959, p. 172-174.
- CLARACQ P. (1959). Des « shoestrings » du type chenal sous-marin dans le Namurien inférieur du bassin de Fort-Polignac (Sahara Central). *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, 1959, p. 174.
- CORNET A. (1948). Constitution géologique du Zegher (Fezzan). *C.R. Ac. Sc.*, 226, p. 2162-2164.
- (1950). Reconnaissance dans l'Erg d'Oubari et la Hamada Zeher (Fezzan). *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, VI, p. 63-72, Alger.
- DALLONI M. (1945). La mission scientifique du Fezzan : Géologie. *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, III, p. 176-178, Alger.
- DESIO A. (1932). Osservazioni geografiche e geologiche compiute dalla spedizione della R. Accademia d'Italia nel Deserto Libico e nel Fezzan Orientale (1931). *Mem. Geol. e Geogr. di G. Dainelli*, vol. III, p. 111-149, 23 fig., Firenze.
- (1935). Studi geologici sulla Cirenaica, sul Deserto Libico, sulla Tripolitania e sul Fezzan Orientale. Missione Scientifica della R. Accad. d'Italia a Cufra (1931), vol. I, p. VII-465, 60 fig., 6 tav., 1 carta geol., scala : 1/3.000.000, Roma.
- (1936). Brevi notizie sulla presenza del Silurico fossilifero nel Fezzan. *Boll. Soc. Geol. Ital.*, vol. LV, fasc. 1, p. 116-120, Roma.
- (1936). Riassunto sulla costituzione geologica del Fezzan. *Ibid.*, vol. LV, fasc. 2, p. 319-356, 3 fig., 1 schizzo geol. scala : 1/3.500.000 circa, Roma.
- (1937). Geologia e morfologia del Fezzan. In : Il Sahara Italiano : Fezzan e Oasi di Gat, *R. Soc. Geogr. Ital.*, p. 41-97, 8 fig., una carta geol. scala : 1/2.000.000, Roma.

- DESIO A. (1939). Le nostre conoscenze geologiche sulla Libia sino al 1938. *Ann. Museo Libico Storia Natur.*, vol I, p. 13-54, carta geol. scala : 1/3.000.000, Tripoli.
- (1941). Sull'età eodevonica delle « Arenarie ad Harlania » del Sahara. *Rend. R. Accademia d'Ital.*, ser. 7a, vol. II, fasc. 2, p. 912-914, Roma.
- (1942). Uebersicht ueber die Geologie Libyens. *Geol. Rundschau*, Bd. XXXIII, H. 4/6, p. 415-421, 1 fig., carta geol. scala : 1/5.630.000 circa e profili, Bonn.
- (1953). Brève synthèse de l'évolution morphologique du territoire de Libye. *Bull. Soc. roy. géogr. Egypte*, t. XXV, p. 9-21.
- DESIO A. et CHIARUGI A. (1949). Sull flora fossile a Lepidodendrales dell Fezzan. *Paleontogr. Italica*, vol. XLV, p. 77-84, pl. XII, Roma.
- DUBIEF J. (1954). Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. *Publ. Serv. Colon. et Hydraulique, Gouvernement général de l'Algérie*, Alger, 457 p., 3 cartes.
- DUBOIS P., KERAUDREN B. et WILM C. (1959). Stratigraphie du Carbonifère marin du bassin de Fort-Polignac. *C.R. Ac. Sc.*, t. 248, n° 24, p. 3323-24.
- DURIF P. (1959). Observations micropaléontologiques (Foraminifères) sur le Carbonifère marin du bassin de Fort-Polignac. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7^e sér., t. 1, p. 163-165.
- DUVEYRIER H. (1864). Les Touareg du nord. Paris, in-8°, XXXIV + 501 p., suppl. 39 p., 28 pl., 1 carte.
- FEYLER L. (1935). Sur le tracé de la vallée du Tafassasset au nord du Grand Erg du Ténéré et la probabilité de son prolongement au Sud jusqu'au Tchad. *C.R. Ac. Sc.*, t. 200, p. 721-724.
- FREULON J.-M. (1951). Sur la série primaire du Fezzan nord-occidental. *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, p. 216-217.
- (1953). Sur la présence de Gigantotrachés dans les Grès à Harlania du Tadrart (Sahara central). *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, p. 200-201.
- (1953). Existence d'un niveau à Stromatolithes (Collenia) dans le Carbonifère marin du Sahara oriental. *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, p. 233-234.
- (1954). Une mission géologique au Tassili n'Ajjer (1953-1954). *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, XII, p. 123-127, Alger.
- (1955). Stratigraphie du Dévonien du Tassili n'Ajjer. *C.R. Ac. Sc.*, 241, p. 1601-1603.
- (1955). Mouvements calédoniens dans l'est du Sahara central. *C.R. Ac. Sc.*, 241, p. 1965-1967.
- (1955). Stratigraphie du Carbonifère du Tassili n'Ajjer et du Fezzan occidental. *C.R. Ac. Sc.*, 241, p. 1478-1480.
- FREULON J.-M. et LEFRANC J.-P. (1952). Structure et stratigraphie du nord du Fezzan (Libye). *C.R. Ac. Sc.*, 235, p. 385-386.
- FREULON J.-M., LEFRANC J.-P. et LEHMAN J.-P. (1953). Sur la présence de Ptyctodontes dans le Dévonien supérieur d'Aouinet-Ouenin (Fezzan). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (6), 3, p. 457-458.
- FURON R. (1955). Histoire de la Géologie de la France d'Outre-Mer. *Mém. Mus. Nat. Hist. Nat.*, nouv. sér., sér. C, t. V, Paris, 218 p. (voir p. 56 à 124).
- HAUG E. (1905). Paléontologie in Documents scientifiques de la mission saharienne Foureau-Lamy, fasc. 3. Publ. Soc. Géographie. Masson, Paris.
- HOFFMEISTER W.-S. (1959). Lower Silurian plant from Libya. *Micropaleontology, U.S.A.*, 1959, 5, n° 3, p. 331-4.
- KILIAN C. (1922). Aperçu général de la structure des Tassilis des Ajjer. *C.R. Ac. Sc.*, t. 175, p. 825-827, 1 fig.
- (1922) Essai de synthèse de la géologie du Sahara sud-constantinois et du Sahara central, telle qu'elle se présente à ce jour avec les changements apportés aux connaissances antérieures par les observations faites au cours de notre mission de 1922. *C.R. XIII^e Congr. géol. intern.*, Bruxelles, fasc. 2, p. 887-945, 2 coupes, 16 photos, 1 carte h. t., 1 pl.
- (1923). Des plissements de « l'Enceinte Tassilienne » du massif central saharien de l'Ahaggar. *C.R. Ac. Sc.*, t. 176, p. 1722-1724.

- KILIAN C. (1923). Sur la structure du Sahara sud-Constantinois et central. *C.R. som. Soc. géol. Fr.*, fasc. 7, p. 71-72.
- (1925). Au Hoggar, mission de 1922. *Soc. Edit. géogr.*, 190 p., 3 cartes, 16 pl., Paris.
- (1926). Sur la mesure dans laquelle la période silurienne est représentée par les formations de l'Enceinte tassilienne et sur la présence de l'Ordovicien au Sahara. *C.R. Ac. Sc.*, t. 182, p. 146-148.
- (1928). Sur la présence du Silurien à l'est et au sud de l'Ahaggar. *C.R. Ac. Sc.*, t. 186, p. 508-509.
- (1931). De la genèse du Massif central saharien. *C.R. Ac. Sc.*, t. 192, p. 569-570.
- (1931). Sur l'âge des grès à Harlania et sur l'extension du Silurien dans le Sahara oriental. *C.R. Ac. Sc.*, t. 192, p. 1742-1743.
- (1931). Des principaux complexes continentaux du Sahara. *C.R. som. Soc. géol. Fr.*, fasc. 9, p. 109-111.
- (1933). De l'Ordovicien et du Gothlandien du Bouclier saharien. *C.R. som. Soc. géol. Fr.*, fasc. 3, p. 25-26.
- (1934). Tectonique et volcanisme dans l'Ajjer (Sahara Central). *C.R. Ac. Sc.*, t. 198, p. 1436-1438.
- (1934). Tectonique et volcanisme dans l'Ajjer ; 2^e mission saharienne (1926-1929). *C.R. som. Soc. géol. Fr.*, fasc. 7, p. 90-91.
- (1935). A propos de l'Adrar-n-Ajjer. *C.R. som. Soc. géol. Fr.*, fasc. 8, p. 111-112.
- (1936). Précisions nouvelles sur la géologie de l'Adrar-n-Ajjer. *C.R. som. Soc. géol. Fr.*, fasc. 6, p. 106-107.
- (1936). Des plissements de l'Enceinte tassilienne : failles et reliefs dérivés. Sahara central. *C.R. som. Soc. géol. Fr.*, fasc. 9, p. 142-143.
- KILIAN C. et LANGLOIS X. (1938). Sur la découverte de moules d'eau douce d'âge carbonifère moyen près des aiguades N de Chelemma aux confins Touareg-Tebou septentrionaux du Sahara français. *C.R. Ac. Sc.*, t. 207, p. 368-371.
- LAPPARENT A.-F. DE (1948). Le chaînon de Tan Elak et la gara Khanfoussa (Sahara central). *C.R. som. Soc. géol. Fr.*, p. 330-332.
- (1949). Première description géologique de l'Edjélé Tan In Azaoua (NE de l'Ajjer-Sahara). *Ann. Soc. Géol. Nord*, LXIX, p. 86-94, Lille.
- (1949). Sur quelques formations récentes observées dans l'est du Sahara algérien. *C.R. Ac. Sc.*, 228, p. 1240-1242.
- (1954). Etat actuel de nos connaissances sur la stratigraphie, la paléontologie et la tectonique des « Grès de Nubie » du Sahara central. *C.R. XIX^e Cong. géol. intern. Alger 1952*, fasc. XXI, p. 113-127.
- LAPPARENT A.-F. DE et LELUBRE M. (1948). Interprétation stratigraphique des séries continentales entre Ohanet et Bourharet (Sahara central). *C.R. Ac. Sc.*, 227, p. 1106-1108.
- LEFRANC J.-Ph. (1958). Stratigraphie des séries continentales intercalaires du Fezzan NW (Lybie). *C.R. Ac. Sc.* t. 247, n^o 17, p. 1360-63.
- LEGRAND Ph. (1959). Sur l'existence d'une discordance angulaire entre le Dévonien inférieur et le Gothlandien dans la région d'Hassi Sougued (Sahara français). *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, 1959, p. 100.
- LEGRAND Ph., POUYTO A. et ROUAIX S. (1959). De quelques faunes des grès inférieurs sur la bordure septentrionale du Hoggar. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7^e ser., I, n^o 8, p. 796.
- LEHMAN J.-P. (1957). Les Stégocéphales sahariens. *Ann. Paléontologie*, t. XLIII, Paris, p. 137-146, 3 pl.
- (1957). Les Stégocéphales sahariens. *C.R. Ac. Sc.*, t. 245, p. 551-552.
- LELUBRE M. (1946). A propos des Calcaires de Mourzouk (Fezzan). *C.R. Ac. Sc.*, 223, p. 359-361.
- (1946). Sur le Paléozoïque du Fezzan. *C.R. Ac. Sc.*, 222, p. 1403-1404, Paris.
- (1948). Le Paléozoïque du Fezzan sud-oriental. *C.R. som. Soc. géol. Fr.*, p. 79-81.
- (1949). Géologie du Fezzan oriental. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5^e ser., XIX, p. 251-262.

- LELUBRE M. (1952). Recherches sur la Géologie de l'Ahaggar central et occidental (Sahara central). Thèse Paris 1951. *Bull. Serv. Carte géologique d'Algérie*. Alger 1952, 2 vol.
- (1952). Aperçu sur la géologie du Fezzan. *Bull. Serv. Carte géologique d'Algérie*, « Travaux récents des collaborateurs », fasc. III.
- (1946). Sur le Paléozoïque du Fezzan. *C.R. Ac. Sc.*, 222, p. 1403-1404.
- MENCHIKOFF N. (1939). Sur le Carbonifère des Issaouane (Sahara central). *C.R. Ac. Sc.*, 208, p. 914-916.
- (1945). La Mission scientifique du Fezzan : Géologie. *Trav. Inst. Recher. Sahar.*, III, p. 188-189, Alger.
- (1945). Les grès de Serdelès (Fezzan). *C.R. Ac. Sc.*, 220, p. 292.
- (1946). A propos de la faune de l'Ouadi Oubarakkat (Fezzan occidental). *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, p. 346-347.
- MONGIN D. (1954). Sur divers Lamellibranches d'eau douce récoltés dans le « Continental intercalaire » du Sahara. *C.R. Ac. Sc.*, t. 239, p. 771-773.
- MULLER-FEUGA R. (1954). Contribution à l'étude de la Géologie, de la Pétrographie et des Ressources hydrauliques et minérales du Fezzan. *Ann. Min. et Géologie Tunisie*, n° 12, 354 p., 33 pl. h. t., Tunis.
- OBERLIN A., FREULON J.-M. et LEFRANC J.-P. (1958). Etude minéralogique de quelques argiles des « Grès de Nubie » du Fezzan, Libye. *Bull. Soc. franç. Minér. Crist.*, t. LXXXI, fasc. 1-4.
- OBERLIN A. et FREULON J.-M. (1958). Etude minéralogique de quelques argiles des séries primaires du Tassili n'Ajjer et du Fezzan (Sahara central). *Bull. Soc. franç. Minér. Crist.*, t. LXXXI.
- PAGANI P. (1934). Su alcuni brachiopodi paleozoici di Serdelès (Fezzan). *Atti. Soc. Ital. Sc. Nat.*, 73, p. 254-269.
- PERRET R. (1935). A travers le pays Ajjer. Itinéraire de Fort-Flatters à Djanet. *Ann. Géogr.*, t. XI.IV.
- (1935). Sur l'Adrar des Ajjer (Sahara). *C.R. Ac. Sc.*, t. 200, p. 1338-1339.
- (1935). Sur l'Adrar des Ajjer (Sahara). *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, n° 10, p. 146.
- (1935). Observations géographiques faites au cours d'un voyage au Tassili des Ajjers. *Bull. Ass. Géogr. Fr.*, n° 89, p. 96-100, Paris.
- (1936). Nouvelles observations sur l'Adrar des Ajjers. *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, n° 7, p. 120-122.
- (1937). L'Adrar des Ajjers et sa périphérie. *Mél. Géogr. et Oriental.* offerts à E.-F. Gauthier, Tours, p. 415-424, 1 fig., 1 pl.
- REMAC-K-PETITOT M.-C. (1960). Contribution à l'étude du Gothlandien du Sahara. Bassins d'Adrar Reggane et de Fort-Polignac. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7^e sér., II., n° 2, p. 230.
- ROCHE J. (1884). Rapport de mission : études géologiques et hydrologiques ; correspondance. In « Documents relatifs à la mission dirigée au sud de l'Algérie par le Lieutenant-Colonel Flatters », Paris.

II — PUBLICATIONS RELATIVES AUX AUTRES RÉGIONS AFRICAINES

- ALIMEN H., LE MAITRE D., MENCHIKOFF N., PETTER G. et POUETO A. (1952). Les Chaînes d'Ougarta et la Saoura. *XIX^e Congr. Géol. Int., Alger 1952, Monographies régionales, Algérie* n° 15, p. 1-119.
- BARTHOUX et FRITEL (1925). Flore crétacée des grès de Nubie. *Mem. Inst. Egypte*.
- BIROT P., CAPOT-REY R. et DRESCH J. (1955). Recherches morphologiques dans le Sahara central. *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, t. XII, p. 13-74, 1 carte h. t., Alger.
- BIZARD C., BONNET A., FREULON J.-M., GERARD G., DE LAPPARENT A.-F., LELUBRE M., VINCENT P. et WACRENIER P. (1955). Sur l'extension des couches continentales tertiaires (« Continental terminal ») dans le nord-est du Bassin du Tchad. *C.R. Ac. Sc.*, 241, p. 1800-1803.
- BIZARD C., BONNET A., FREULON J.-M., GERARD G., DE LAPPARENT A.-F., VINCENT P. et WACRENIER P. (1955). La série géologique entre le Djado et le Tibesti (Sahara oriental). *C.R. Ac. Sc.*, 241, p. 1320-1321.
- BOLZE J. (1954). Les rapports de la Berbérie et de l'Afrique en Tunisie. *C.R. Ac. Sc.*, t. 238, p. 2177-2179.

- BONNET A., FREULON J.-M., DE LAPPARENT A.-F. et VINCENT P. (1955). Observations géologiques sur l'Ennedi, le Mourdi et les Erdi (Territoire du Tchad, A.E.F.). *C.R. Ac. Sc.*, 241, p. 1403-1405.
- BORDET P. (1954). La série de Sérourénout (Ahaggar oriental) est d'âge « continental intercalaire » (Crétacé moyen). *C.R. Ac. Sc.*, 238, p. 500-503.
- (1954). La série de Sérourénout (Continental intercalaire) et son substratum précambrien en Ahaggar oriental. *Publ. Serv. Carte géol. Alger*, Bull. n° 1, Trav. Coll. 1954 (1955), p. 7-42, 10 fig., 1 carte.
- BOUREAU E. (1953). Sur la présence d'une flore carbonifère dans l'Aïr. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 6^e sér., t. III, p. 293-298, 1 pl.
- CHANUT Cl. et NYSSSEN R. (1958). Sur une « discordance de ravinement » dans les grès inférieurs de la région d'Amguid et de Takoumbaret (Mouydir). *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, p. 102-105.
- CHETELAT E. DE (1938). Sur l'extension du Gothlandien en Guinée française. *C.R. Ac. Sc.*, t. 207, p. 371-372.
- (1939). L'existence du Dévonien inférieur en Guinée française. *C.R. Ac. Sc.*, t. 209, p. 446.
- CHIARUGI A. (1934). Una Tallofita arborea silicizzata del Deserto Libico : *Nematophyton saharianum* n. sp. *Missione Scientifica della R. Accademia d'Italia a Cufra* (1931), vol. III, p. 293-319, Roma.
- (1934). Riconoscimento di Cordaitali paleozoiche ad affinità gondwaniche tra i tronchi di *Gymnospermae* silicizzate del Sahara Italiano. *N. Giorn. Botanico Ital.*, n. ser., vol. LXI, p. 435-457, Firenze.
- (1947). *Palaeocodium saharianum* n. gen., n. sp., Nuova Codiaccenza paleozoica del Deserto Libico. « *Palaeont. Italica* », vol. XLI, p. 121-130, 2 fig., 1 tav., Pisa.
- CHEVALIER A. et KILIAN C. (1932). Sur la présence du Silurien et d'une flore paléozoïque entre le Kouar et le Tibesti (Sahara oriental). *C.R. Ac. Sc.*, Paris, p. 718.
- CHOUBERT G. (1952). Histoire géologique du domaine de l'Anti-Atlas. In *Géologie du Maroc*, fasc. 1, XIX^e Congr. Géol. Intern., Alger 1952, *Monographies régionales*, 3^e série, Maroc, n° 6, p. 75-195.
- CORSIN P. (1934). Flore dinantienne de Defirou. *Arch. Mus. Hist. Natur.*, Paris, 6^e série, t. 11, p. 147-154, 2 pl.
- DALLONI M. (1934). Géologie et Tectonique. In « Mission au Tibesti (1930-1931) ». *Mém. Ac. Sc.*, 2^e série, t. 61, vol. 1, p. 118-167.
- (1948). Matériaux pour l'étude du Sahara oriental : Géologie et Préhistoire (Fezzan méridional, Kaouar et Tibesti). Mission scientifique du Fezzan (1944-1945), *Inst. Rech. Sahar.*, Alger, VI, 120 p., 11 fig., 49 pl.
- DARS R. (1957). Découverte d'une discordance dans le « Cambro-Ordovicien » du Soudan occidental (A.O.F.). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 6^e série, VII, fasc. 4-5, p. 519-528, 4 fig.
- DARS R., SOUGY J. et TESSIER F. (1957). Nouvelle stratigraphie des séries paléozoïques de la région de Kayes (Soudan français). *C.R. Ac. Sc.*, t. 244, p. 2312-2314.
- DE ANGELIS-D'OSSAT G. (1933). Pianta fossile dell'Oasi di Cufra (*Porodendron* sp. Gothan ; 1933 Altkarbon). *Atti Pontificia Accad. Sc. N. Lincei*, an. LXXXVI, sess. VII, p. 418-423, Roma.
- DELCLAUD C., ORTYNSKI L. et PERRODON A. (1957). Les découvertes de Hassi-Messaoud et de Hassi-R'mel dans le Sahara septentrional. III^e Cong. Nat. Pétr. Franç., Pau.
- DELEAU P. et MARIE P. (1954). Les calcaires oolithiques du Namurien du sud-oranais et leur faune de foraminifères. *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, p. 225.
- (1955). Existence de Fusulinidés dans le Westphalien du sud-oranais (Algérie). *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, n° 12, p. 220-221.
- DELÉPINE G. (1952). Le Carbonifère marin de l'Europe centrale et occidentale et ses corrélations avec celui de l'Afrique du Nord. *C.R. XIX^e Congr. Géol. Intern.* Alger, fasc. II, p. 73-86.
- (1957). Découverte de *Spirifer gwinneri* Frech dans le Dinantien du Sahara occidental. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 6^e sér., t. VII, p. 145-148.

- DENAEYER M.-E. (1924). L'Ouadaï oriental et les régions voisines. Géographie physique, géologie, lithologie, d'après les documents de la Mission de délimitation Ouadaï-Darfour (Mission du Lt-Cl Grossard, 1922-1923). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4^e sér., XXIV, p. 538-576, pl. XVI.
- DOURTHE P. (1959). Sur une discordance dans les grès inférieurs d'Ouallène (NW Hoggar). *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, 1959, p. 214-215.
- DURAND-DELGA M. (1955). Etude géologique de l'Ouest de la Chaîne Numidique. *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, 2^e sér., n° 24, Alger, p. 1.
- FABRE J. et GREBER Ch. (1956). Le Carbonifère continental au nord de Tindouf (Sahara). *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie*, nouv. sér., n° 8, p. 7-23, 4 pl., 1 carte, Alger.
- FAURE H. (1954). Géologie des régions au nord du Tchad (Territoire du Niger) *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, n° 13, p. 309-312.
- FLAMAND G.-B.-M. (1911). Recherches géologiques et géographiques sur le Haut-Pays de l'Oranie et sur le Sahara (Algérie et Territoires du Sud). *In-4°*, Thèse, Lyon, 1.002 p., 157 fig., 22 cartes, 16 pl.
- FOLLOT J. (1952). Ahnet et Mouydir. Monographies régionales, s. l., n° 1, p. 21-22, *XIX^e Congr. Géol. Intern.* Alger.
- (1953). Le Carbonifère inférieur du Sahara central. *C.R., XIX^e Congr. Géol. Intern.*, Alger 1952 ; fasc. II, p. 11-28.
- (1953). Sur les différentes phases tectoniques ayant affecté la bordure septentrionale du Hoggar., *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, t. IX, p. 137-142, Alger.
- FRITEL P.-H. (1925). Végétaux paléozoïques et organismes problématiques de l'Ouadaï. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4^e série, t. 25, p. 33-48, 2 pl.
- FURON R. (1934). Primaire et Crétacé entre le Tibesti et l'Air. *C.R. Ac. Sc.*, t. 198, p. 1738-1800, Paris.
- FURON R., KILIAN C. et MENCHIKOFF N. (1946). Du Cambrien en Afrique. *C.R. Ac. Sc.*, t. 222, p. 904, Paris.
- GEVIN P. (1947). Sur la découverte du genre *Pachypteria* de Koninck, dans le Paléozoïque du bord sud du Synclinal de Tindouf. *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, p. 243-244.
- (1948). Série Paléozoïque d'Aouinet Legra (Sahara occidentale). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5^e série, XVIII, p. 369-383, Paris.
- GROSSARD (Lt-Cl). (1925). Mission de délimitation de l'Afrique équatoriale française et du Soudan anglo-égyptien. *Exposé des travaux*. *In-8°*, Paris, VIII + 346 p., 16 pl., 2 cartes + atlas, 10 cartes.
- HUBERT H. (1917). Sur l'extension probable des formations tertiaires en Afrique occidentale. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 4^e sér., XVII, p. 109-116.
- HUME W.-F. (1925). *Geology of Egypt. Survey of Egypt*, Le Caire, 5 vol.
- JEKHOWSKY B. (DE) et TAUGOURDEAU Ph. (1959). Sur la présence de nombreux Chitinozoaires dans le Siluro-Dévonien du Sahara. *C.R. som. Géol. Fr.*, p. 17-18.
- JONGMANS W.-J. (1953). Les flores du Carbonifère de l'Afrique septentrionale. *C.R. XIX^e Congr. Géol. Int.*, Alger 1952, fasc. II, p. 49-64.
- JONGMANS W.-J. et HEIDE S. VAN DER. (1953). Contribution à l'étude de la faune et de la flore du Carbonifère inférieur de l'Égypte. *C.R. XIX^e Congr. Géol. Int.*, Alger 1952, fasc. II, p. 65-69.
- JOULIA F. (1959). Précisions sur la discordance cambro-ordovicienne d'In Azaoua (Niger). *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, p. 177.
- KANTER H. (1942). Die Harudsch el Asued in Italienich Libyens. *Pet. Geogr. Mitteil.*, Gotha, p. 225-238.
- KARPOFF R. (1947). La bordure primaire de l'Adrar des Iforas (Sahara algérien et soudanais). *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, fasc. 9, p. 187-189.
- (1957). Etude géologique de l'Adrar des Iforas. *Thèse Sc.*, Paris.
- (1957). Esquisse géologique de l'Arabie Séoudite. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 6^e sér., VII, p. 653-697.

- KARPOFF R. (1958). Deux séries du Précambrien Supérieur au Sahara Central et en Arabie : le Nigritien et la série du wadi Fatima. (Colloque intern. Paris 27 juin-4 juillet 1957.) *C.N.R.S. Paris* 1958, p. 199-206.
- (1960). Le Cambro-Ordovicien de l'Adrar des Iforas (Sahara soudanais). *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, 1960, p. 16-17.
- KILIAN C. (et CHEVALIER A.). (1932). Sur la présence du Silurien et d'une flore paléozoïque entre le Kaouar et le Tibesti (Sahara oriental). *C.R. Ac. Sc.*, t. 195, p. 718.
- KILIAN C. (1932). De la région des Iraouen et de celle de Tin Sig (Sahara central). *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, fasc. 8, p. 98.
- KILIAN C. et PETIT-LAGRANGE J. (1933). Sur le parcours probable de l'oued Tafassasset en aval du puits d'In-Afellallah. *C.R. Ac. Sc.*, t. 197, p. 1299-1301, 1 carte.
- KILIAN C. (1933). D'une association de Graptolithes observée dans le Gothlandien de Tiounkenin (Emmi-dir, Sahara central). *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, fasc. 8, p. 91-92.
- (1935). De la coupe d'Amserha et des mouvements calédoniens au Sahara. *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, fasc. 14, p. 219-220.
- KILIAN C. et LANGLOIS X. (1938). Sur la découverte d'un oursin d'âge crétacé (moyen ou supérieur) dans l'Enneri Chelemma, aux confins Touareg-Tebou septentrionaux du Sahara français. *C.R. Ac. Sc.*, t. 206, p. 1187-1188.
- KILIAN C. et LELUBRE M. (1946). De l'âge des Grès de Nubie à l'Orient de l'Ajjer (Sahara central). *C.R. Ac. Sc.*, t. 222, p. 233-235, Paris.
- KNETSCH G. (1950). Beobachtung in der Libyschen Sahara. *Geol. Rundschau*, 38, p. 40-59, Stuttgart.
- KRUMBECK L. (1906). Beiträge zur Geologie und Paleontologie von Tripolis. *Paleontographica*, 53, p. 51-135, Stuttgart.
- LE MAITRE D. (1952). Contribution à l'étude des faunes paléozoïques de l'Adrar Mauritanien (Sahara occidental). *Bull. Dir. des Mines d'A.O.F.*, p. 296-382, 6 pl. photos, Dakar.
- LESSARD L. (1959). Note préliminaire sur la géologie du Tassili Oua-N-Ahaggar (Sahara méridional). *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, 1959, p. 151-152.
- LESSERTISSEUR J. (1956). Sur un Bilobite du Gothlandien de l'Ennedi (Tchad, A.E.F.), *Cruziana ancora*. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 6^e sér., t. VI, p. 43-47, 1 pl.
- LUCAS G. Description géologique et pétrographique des Monts du Ghar Rouban et du Sidi El Abed. *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 2^e sér., stratigr., n° 16, 538 p.
- LYS M. et SERRE B. (1957). Etude de Conodontes du Dévonien et du Carbonifère de la région d'Adrar-Tanezrouft (Sahara). *Rev. Inst. Fr. Pétr. et Ann. Comb. Liq.*, vol. XII, n° 10, p. 1035-1066, 1 pl., Paris.
- MARVIER L. (1953). Notice explicative de la carte géologique d'ensemble de l'Afrique occidentale française. Gouvern. Gén. A.O.F., *Bull. Dir. Féd. Mines et Géol.*, Dakar, n° 16, p. 1-99, 2 pl., 2 cartes.
- MEIINO H. et EMERY K.-O. Sediments of shallow portions of East China sea and South China sea. *Office of naval research*, n° 228 (12).
- MENCHIKOFF N. (1930). Recherches géologiques et morphologiques dans le nord du Sahara occidental. *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dynam.*, vol. 3, p. 103-247, Paris.
- (1949). Quelques traits de l'histoire géologique du Sahara occidental. *Ann. Hébert et Haug*, t. VII, *Livre jubilaire Charles Jacob*, Paris, p. 303-325, 1 carte.
- (1951). La Paléogéographie du Sahara aux temps primaires. *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, t. VII, p. 191-194, Alger.
- (1957). Les grandes lignes de la géologie saharienne. *Rev. Géogr. Phys. et Géol. Dyn.*, 2^e sér., vol. 1, fasc. 1, p. 37-45, Paris.
- MONOD Th. (1952). L'Adrar mauritanien (Sahara occidental). *Bull. Dir. Mines, A.O.F.*, Dakar, n° 15, 2 vol.
- MUTVEI H. (1956). Découverte d'une riche microfaune dans le calcaire silurien de la Saoura (Sahara du nord). *C.R. Ac. Sc.*, t. 243, p. 1653-1654.

- NOUGAREDE F. (1958). Le Pétrole. Recherches et résultats. In « Le Sahara au service de l'homme », n° spécial *Eaux et Forêts*, n° 9-10, Paris, p. 44-51.
- PAREYN Cl. (1962). Les Massifs carbonifères du sud-oranais. Thèse Sciences, Caen 1957. *Mém. Centre Recherches Sahariennes* n° 1. C.N.R.S. Paris.
- PETTER G. (1959). Goniatites dévonienues du Sahara. Thèse Sciences, Paris 1957. *Mém. Serv. carte géol. Algérie*, Alger, 313 p. 26 pl.
- PFENDER J. (1937). Sur la présence de Fusulinelles dans le Dinantien du Sahara. *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, n° 10, p. 119-121.
- PICARD L. (1953). Silurian in the Negeb (Israël). *C.R. XIX^e Cong. Géol. Int. Alger* 1952, fasc. II, p. 179-183.
- POBEGUIN Th. (1947). Sur quelques schistes à Graptolithes de la Guinée française. *C.R. Ac. Sc.*, t. 224, p. 137-138.
- POUEYTO A. (1957). Contribution à l'étude des Grès inférieurs au Sahara septentrional. In « Colloque intern. sur les relations entre Précambrien et Cambrien », C.N.R.S., Paris.
- PRINCIPI P. (1919). Filliti wealdiane della Tripolitania. In : ZACCAGNA. Itinerari geologici nella Tripolitania occidentale. *Mem. desc. Carta Géol. Ital.*, 18, p. 71-85, Roma.
- RENAULT Ph. (1953). Mission géologique dans les Tassilis du sud de l'Ahaggar. *Trav. Inst. Rech. Sahar.*, t. X, p. 199-201, Alger.
- (1953). Sur la stratigraphie et la tectonique des Tassilis du sud (Tassilis-n-Ahaggar) dans la région d'In Guezzam (Sahara méridional). *C.R. Ac. Sc.*, t. 237, p. 1737-1738, Paris.
- ROCH E. (1950). Histoire stratigraphique du Maroc. *Notes et Mém. Serv. Géol. Maroc*, n° 80, 435 p.
- ROSSI C. (1939). Fossili carbonici del Fezzan. *Ann. Museo Libico Storia Natur.*, vol. I, p. 185-251, Tripoli.
- SANDFORD K.-S. (1935). Geological observations on the north-west frontiers of the Anglo-Egyptian Sudan and the adjoining part of the southern Libyan desert. *Quart. Journ. of Geol. Sc.*, vol. XCI p. 323-381, 7 pl., London.
- (1948). The stratigraphical position of the Nubian series. *Intern. géol. Cong. XVIII sess. London* part XIX. p. 184.
- SEWARD A.-C. (1931). Carboniferous plants from Sinaï. *Quart. Journ. Geol. Soc.*, p. 350-357, 2 pl.
- SHATA A. (1955). Some remarks on the distribution of the carboniferous formations in Egypt. *Bull. Inst. Désert Egypte*, t. V, n° 1, p. 241-247.
- SOUGY J. (1955). Nouvelles observations de terrain sur la géologie du Zemmour noir. Gouvern. Gén. A.O.F., *Bull. Direct. Fédér. Mines Géol.*, 61 p., 43 fig. h. t., 8 dpl. h. t., Dakar.
- (1956). Nouvelles observations sur le « Cambro-Ordovicien » du Zemmour (Sahara occidental). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 6^e sér., VI, p. 99-113.
- STROMER E. (1936). Ergebnisse der Forschungen Prof. E. Stromers in den Wüsten Aegyptens - VII. Baharije-Kessel u. Stufe mit deren Fauna u. Flora. Eine ergänzende Zusammenfassung. *Abhandlungen des baierischen Akademie Wissensch. mathem. -naturwissensch.* München, Abt. N.F.H. n° 33.
- VILLEMUR J.-R. (1960). Stratigraphie du Cambro-Silurien du nord-ouest du bassin de Taoudenni (Mauritanie). *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, 1960, p. 11-12.
- (1960). De l'absence du Gothlandien sur le versant nord du bassin de Taoudenni (Mauritanie). *C.R. som. Soc. Géol. Fr.*, 1960, p. 27.
- VINCENT P. (1956). Données nouvelles sur la géologie de l'Ennedi. Gouvern. Gén. A.E.F., *Bull. Direct. Mines et Géol.*, n° 7, p. 109-110, Brazzaville.
- WACRENIER P. (1956). Mission Borkou-Ennedi-Tibesti. Gouvern. Gén. A.E.F., *Bull. Direct. Mines et Géol.*, n° 7, p. 101-108, Brazzaville.

CHAPITRE III

APERÇU GÉOGRAPHIQUE ET STRUCTURAL

La partie nord-équatoriale de l'Afrique se présente comme une immense plateforme continentale consolidée depuis l'Antécambrien. Pour toutes les régions comprises entre l'Atlantique et la Mer Rouge et qui s'étendent au N du 16^e parallèle (approximativement), on peut parler de « Plateforme saharienne ». Si, dans sa partie orientale, cette Plateforme saharienne atteint directement la Méditerranée (de la Tripolitaine à l'Égypte, cette plateforme continentale se continue très loin au large, et semble se terminer par de grandes zones effondrées), plus à l'W elle est séparée du domaine plissé de la Berbérie (affectée par les orogénèses moghrabine et rifo-kabyle) par une remarquable ligne structurale, l'*Accident sud-atlasien*.

Cette ligne sud-atlasienne, qui se suit parfaitement à travers toutes les couches de la couverture dans le N du Sahara occidental (rattachant ainsi l'Anti-Atlas au domaine saharien) depuis Agadir jusqu'aux Monts des Ksours, à l'E de Colomb-Béchar, ne peut plus être observée, plus à l'E, que dans les séries crétacées de l'Atlas Saharien et de l'Aurès. Dans cette région, elle prend le plus souvent la forme d'une brusque flexure redressant à la verticale les calcaires crétacés. Ces derniers, déchaussés par l'érosion, forment alors ce que l'on a appelé la « Muraille saharienne », marquant la limite entre le pays mésozoïque plissé de la Berbérie et les régions tabulaires du Sahara. L'accident sud-atlasien n'est pas qu'une simple flexure ; il se complique souvent en une série de failles ou en une cascade de plis généralement dissymétriques. Mais c'est surtout dans le S Tunisien que le tracé de la ligne sud-atlasienne devient incertain. Ici, cet accident se transforme en une série de plis d'importance à peu près égale, et qui s'étalent sur des dizaines de kilomètres de largeur. Il semble bien, toutefois, que les grands accidents profonds qui délimitent la véritable plateforme africaine, remontent ici vers le N, traversant en diagonale la Tunisie, à travers l'Atlas Saharien jusqu'au N de l'accident du Zaghouan (J. BOLZE, 1954).

La structure d'ensemble de la « Plateforme saharienne » proprement dite, est maintenant bien connue. Le vieux socle cristallin affleure en plusieurs vastes régions, constituant une série de grands « boucliers » précambriens : le « *Bouclier Réquibat* » à l'W, à travers le Sahara occidental, le « *Bouclier Touareg* » groupant l'Ahaggar, l'Adrar des Iforas et l'Aïr dans le Sahara central, et le « *Bouclier Tebou* » vers l'E, avec le Tibesti, et enfin le grand « *Bouclier Arabo-Nubien* » formant tout le Sahara oriental et le désert libyque (N. MENCHIKOFF,

1957). Tandis que les deux blocs extrêmes, le « *Promontoire Tadjakant* » à l'W et le « *Promontoire Libyen* » à l'E forment des blocs parfaitement rigides, affectés seulement par de grandes cassures, la partie centrale de la Plateforme saharienne (à l'E d'une ligne allant des Chaînes d'Ougarta à l'Adrar des Iforas) semble être restée plus souple, et montre des zones ayant subi des plissements souvent assez intenses (en majeure partie d'âge hercynien). Tout autour de ces boucliers précambriens, la couverture sédimentaire forme une succession de grands bassins plus ou moins continus (N. MENCHIKOFF a pu employer à leur sujet, à la suite de A.-V. PAVLOV, le terme de « syneclise », celui d'« anteclise » correspondant alors aux grandes régions précambriennes).

Si au Sahara occidental, la couverture sédimentaire était essentiellement paléozoïque, dans la partie N et NE du Sahara central, le socle cristallin est recouvert par d'épaisses formations paléozoïques et secondaires, subhorizontales, mi-continentales, mi-marines et suivies de Tertiaire continental. Au N du Tassili n'Ajjer et du Fezzan, et à l'exception du petit dôme permien du Djebel Tebaga dans le Sud-Tunisien, le Paléozoïque n'y affleure nulle part et le socle cristallin lui-même est partout en dessous de la cote — 1.500 m.

Dans le Sahara central, deux grands bassins sédimentaires s'ordonnent autour d'un axe N-S groupant la Dorsale du Mزاب et la Dorsale d'Amguid-El Biod-Hassi Messaoud. Cet axe que l'on peut considérer comme une vaste antéclise hercynienne (dorsale de Cambro-Ordovicien recouvert par les séries mésozoïques) sépare deux bassins paléozoïques : vers l'W, le Bassin du Tidikelt (groupant les Bassins du Touat, de l'Ahnet, du Mouydir et se rattachant vers le N à ceux de la Saoura et de Colomb-Béchar) et vers l'E, le Bassin des Issaouanes (couvrant l'ensemble du Bassin de Fort-de-Polignac, celui du Tinrert et du Grand Erg oriental). Ces deux bassins sont recouverts par une épaisse couverture secondaire et tertiaire, allant de 1.500 m à plus de 3.500 m vers le N.

Tandis que, pendant tout le Primaire, la région occidentale allant de Colomb-Béchar à l'Ahnet s'est comportée comme une aire subsidente, plus à l'E le N du Sahara central apparaissait comme une zone résistante. Dès la fin du Primaire, un basculement général s'est produit, axé sur la Dorsale du Mزاب, zone haute permanente.

I. Cadre géographique

LES GRANDES DIVISIONS RÉGIONALES ¹

Si le Tassili n'Ajjer forme une région naturelle parfaitement délimitée et remarquablement homogène, même sur le plan humain puisque tout le pays est peuplé uniquement par les tribus de Touareg Ajjer, par contre le Fezzan peut être considéré plutôt comme une réunion de plusieurs régions souvent assez différentes, et dont l'un des rares traits communs est la présence de grandes vallées assez riches en eau pour laisser se développer de nombreuses

1. V. carte hors-texte n° 1.

palmeraies. Il est difficile de fixer une limite précise entre ces deux régions. On peut admettre cependant que les grandes étendues arides du centre de l'Edeyen d'Oubari et plus au S, les grandes falaises du Messak Settafet et du Messak Mellet forment la frontière naturelle entre les deux pays. A l'intérieur même de ces deux pays on peut distinguer un certain nombre de régions particulières.

1) LE PAYS AJJER :

Vers l'W, il se trouve séparé du Mouydir par la grande dorsale d'Amguid. On peut distinguer :

— Vers l'W, la région de l'Edjélé Tan Elak et les grands promontoires des anticlinaux prétassiliens de l'Adrar Essaoui Mellen, l'Adrar Tin Touraouin, de l'Adrar Tahinaouin, de l'Adrar Tiedou et de l'Adrar Ti-Issekfa, prolongés vers le N, dans l'erg, par le petit dôme de la Khanfoussa.

— Vers le S, le Tassili n'Ajjer s.str. depuis la région d'Amguid jusqu'à la dorsale de la frontière libyenne. On peut séparer les Tassilis internes, avec les régions de l'Ahellakane, du Tasedjebest, de toute la partie centrale que l'on pourrait appeler Massif central Ajjer, allant depuis l'oued Aharhar jusqu'à la région de Rhat, avec les grands oueds Iherir, Ihreri. Le massif volcanique récent de l'Adrar Ajjer déborde sur ces plateaux dans la région de la plaine de Dider au maader d'Afara. Plus au SE on retrouve les régions du Meddak, de l'Assakao et de l'Edjérit. Au N des Tassilis internes, les Tassilis externes comprennent de l'W vers l'E les régions du Tassiot, du Tahiaout, du Tindesset, du Fadnoun et du Tanguet. Plus à l'E, sur l'axe de la frontière libyenne, on retrouve les tassilis internes des régions de l'Adrar Tin Abada et du Tissaghert.

— Vers le N, en pays prétassilien, on distingue, vers l'E, au N même de Fort-de-Polignac, les régions de l'Assekhaïfaf, du Tihemboka, les anticlinaux de la frontière libyenne, la région du Bourarhet, l'Issaouane. Plus à l'W, c'est une grande plaine recouverte par l'Erg d'Issaouane.

— Enfin, vers l'E et le S-E, on retrouve un homologue des tassilis externes du Pays Ajjer avec le massif du Tadrart et le grand sillon emprunté par l'oued Tanezzouft. Les grandes étendues arides du Tin Merzouga, de la Taïta en bordure du Messak, de la région de Anou Souis et du Tiririne et enfin celles qui forment la partie occidentale de la Hamada Zegher se rattachent directement aux pays prétassiliens Ajjer.

2) LE FEZZAN :

En se basant principalement sur la structure géologique et les grands caractères morphologiques du pays on distingue trois parties principales à travers le Fezzan :

— *Le Fezzan nord-occidental*, limité vers le N par la Hamada El Homra et le massif volcanique récent du Jebel Soda, vers le S par l'Edeyen d'Oubari prolongé par la Ramlet Zellaf ; il comprend presque essentiellement des régions d'affleurements paléozoïques, avec la grande vallée du Chatî, l'ensemble du Jebel Fezzan et des Gargaf, et dans l'extrême N-W, la dépression qui borde la Hamada El Homra depuis Aouinet-Ouenin jusqu'à Dembaba.

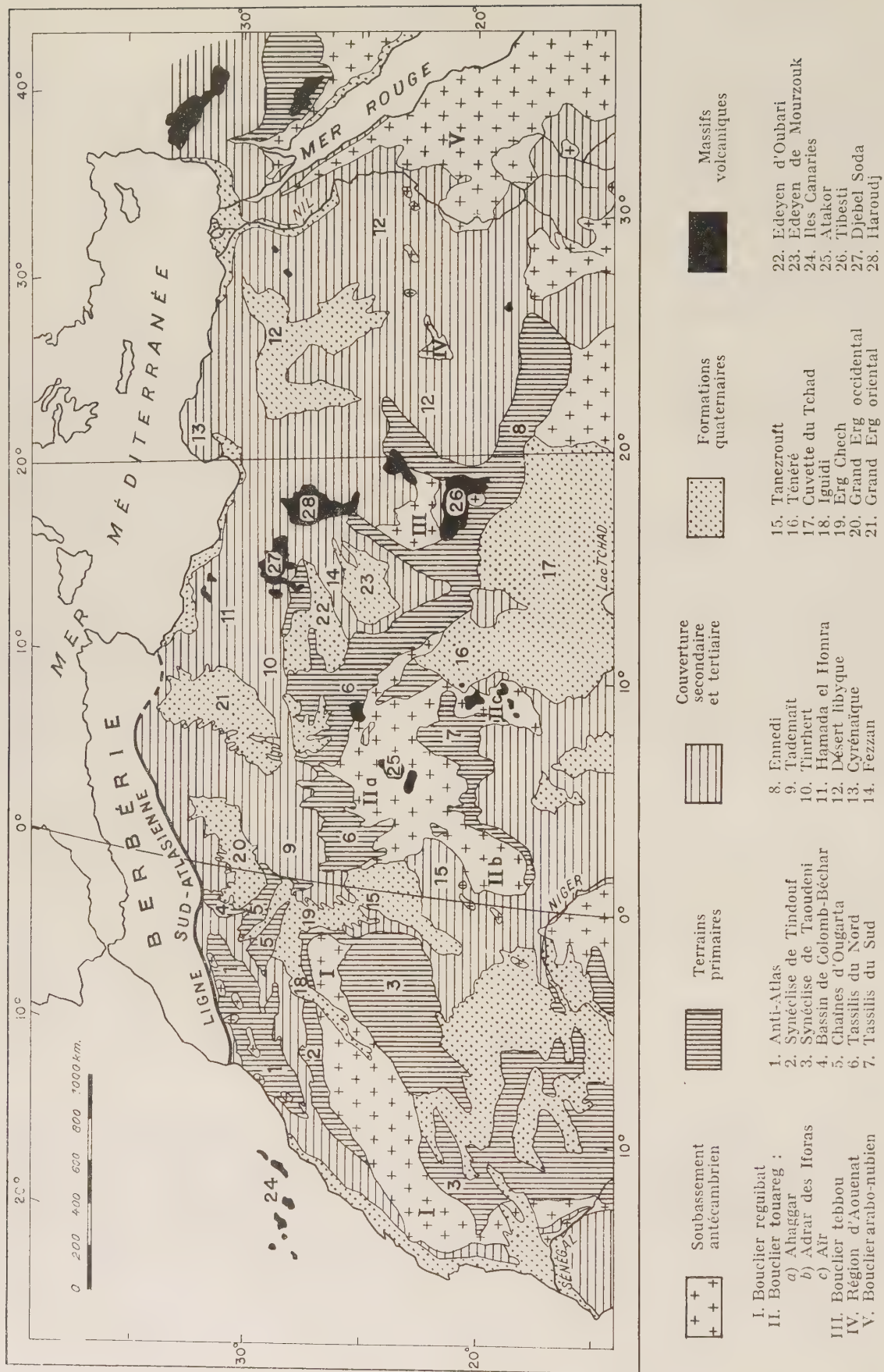


Fig. 3. — Schéma structural du Sahara (d'après N. MENCHIKOFF 1957).

— *Le Fezzan central* correspond essentiellement à la « cuvette fezzanaise » constituée par un grand plateau de Grès de Nubie secondaire plus ou moins gauchi ; on peut y distinguer : dans la partie N, au pied de la falaise qui se poursuit depuis le Messak jusque dans la région de Sebha, l'Ouadi Ajal, et plus à l'E, le Bouanis. A l'intérieur même de la cuvette, on trouve, à l'E du Messak Settafet, la Hamadet de Mourzouk, et la grande zone des « serir » avec le Serir Oum Alla et le Serir El Gattoussa. Plus au S, en bordure de l'Edeyen de Mourzouk, une longue dépression sensiblement E-W, correspond à l'Ouadi Etha, à la Hofra et à la Marzoukia. Tandis que la cuvette fezzanaise se termine vers l'W par les reliefs du Messak Settafet et du Messak Mellet elle passe vers le SE, d'une façon assez insensible, au Fezzan sud-oriental par les régions du Jebel Ben Guenema, de la grande dépression de Gatroun à Tedjeri, et de la région d'Ouigh el Kebir.

— *Le Fezzan sud-oriental*, qui relie le pays fezzanais avec les confins Ajjer-Tebou, le Djado et le Tibesti, comprend les régions totalement désertiques du Meherchema, du Zeila (entre le Meherchema et la région de Toumo), du Jebel Ati et du nord-Mangueni avec les reliefs de la région de Toumo.

II. Schéma structural

La structure d'ensemble du Sahara central, dans laquelle s'intègre notre domaine, est particulièrement simple. Dès 1924, C. KILIAN a montré que l'on pouvait y distinguer les unités morphologiques suivantes :

1) LA COUVERTURE RÉCENTE, D'ÂGE SECONDAIRE OU TERTIAIRE, constitue, au N, la grande hamada du Tinrert et la Hamada el Homra, au S le Terrecht, le Tamesna et la région de Bilma ; vers l'E, la « cuvette » de Grès de Nubie du Fezzan ainsi que les régions de l'Harouj et du « Sillon syrtique » se rattachent à cet ensemble.

2) LE MASSIF CENTRAL SAHARIEN, formé de plusieurs enceintes de terrains paléozoïques entourant le pays cristallin situé au cœur ; le plongement de ces formations vers l'extérieur détermine une succession de falaises dont le côté abrupt est tourné vers le centre du massif. Il se subdivise en plusieurs ensembles homogènes :

a) LES PAYS PRÉ-TASSILIENS, dévono-carbonifères, sont généralement très aplanis. Ils forment la plus grande partie de l'Ahnet, le N du Mouydir et du Tassili n'Ajjer, la partie la plus occidentale du Fezzan ; dans le S, ils constituent la partie centrale du « Bassin de Madama », se poursuivant, vers le N, dans le Fezzan oriental jusque dans le N du Meherchema.

b) L'ENCEINTE TASSILIENNE comporte trois termes :

— *Les Tassilis externes*, formés par les « Grès supérieurs » rattachés au Gothlandien et au Dévonien inférieur.

— Le « *Sillon intra-tassilien* », formé par les schistes à graptolites gothlandiens.

— *Les Tassilis internes*, formés par les « Grès inférieurs » cambro-ordoviciens. La falaise qui termine les plateaux des Tassilis internes au contact du massif précambrien, abrupte et

élevée, est partout très nette, et a parfois été comparée à la « ligne de glint » du Bouclier Scandinave.

Au N, l'Enceinte tassilienne est continue, constituée par les plateaux jointifs de l'Ajjer, de l'Immidir, de l'Ahnet et de l'Aseg'rad. Vers le S, elle se poursuit par le massif du Djado, puis, par une série de plateaux plus ou moins continus à travers le Ténéré du Tafassasset, se ferme vers le S, où elle se trouve représentée par les Tassilis de Tin-Egolé, de Tin-Rehroh, d'In-Debiren, de Ti-m-Misaou, ainsi que par ceux qui bordent l'Adrar des Iforas.

Au SE de l'Ahaggar, en bordure du massif cristallin du Tibesti, on retrouve une enceinte sédimentaire analogue à l'Enceinte tassilienne, constituée par les plateaux du Meherchema et du NW du Tibesti.

Dans la partie nord du Fezzan, le massif anticlinal du Jebel Fezzan et des Gargaf, forme, autour de quelques petits affleurements de Précambrien, un homologue des Tassilis internes.

c) LE PAYS CRISTALLIN, au centre, constitue le massif montagneux de l'Ahaggar. On peut y distinguer plusieurs zones morphologiques différentes, dues à l'existence, dans le Précambrien, de deux séries bien distinctes : le Suggarien et le Pharusien. On retrouve l'homologue de ce « Bouclier touareg » vers l'E, dans le N du Tibesti, c'est le « Bouclier tebou ».

d) LES PAYS VOLCANIQUES : en de nombreuses zones du Pays cristallin ou de l'Enceinte sédimentaire, d'énormes masses volcaniques se sont étalées en coulées immenses, accidentées de pitons ou de volcans plus ou moins démantelés. Elles forment notamment les massifs de l'Atakor, de l'Eg'ére-Settefen et du Tahalra dans l'Ahaggar, de l'Adrar-n-Ajjer, à cheval sur la partie S du Tassili n'Ajjer, du Jebel Fezzan, dans le N du Fezzan et de l'Harouj el Assoued, en bordure du « sillon syrtique ». D'innombrables autres pointements volcaniques, de très faible importance, parsèment par ailleurs le Pays cristallin et la partie centrale de l'Enceinte tassilienne.

Les recouvrements récents sont largement développés à travers tout le Sahara central : grands ergs dans le N ou l'E (Grand Erg oriental, Edeyen d'Oubari, Edeyen de Mourzouk...), petits massifs dunaires à la lisière du Pays cristallin (Erg Tihodaïne, Erg d'Admer, etc.), formations lacustres et grands épandages détritiques de la fin du Tertiaire et du Quaternaire ancien (N du Pays Ajjer, zone centrale du Fezzan, etc.).

III. Caractères morphologiques

Comme on l'a déjà fait remarquer fréquemment, ici plus qu'en aucune autre région, la morphologie du terrain dépend étroitement de la structure géologique et de la lithologie. Dans la zone étudiée (à l'exception du Fezzan) et qui correspond essentiellement à l'enceinte tassilienne, on peut distinguer deux « pays » de types très différents : le « *pays tassilien* », région de grands plateaux gréseux plus ou moins élevés et le « *pays prétassilien* », région de plaines développées sur de grandes surfaces monoclinales accidentées de nombreuses cuestas.

1) LE « PAYS TASSILIEN » (Pl. I à III).

Le terme de *Tassili* est un terme touareg qui désigne un plateau gréseux souvent profondément raviné, incliné faiblement vers l'extérieur de l'enceinte tassilienne. Vers la partie centrale, en direction du « Pays cristallin », le tassili se termine généralement par de hautes falaises (de plus de 1.800 mètres d'altitude dans la région de Djanet) qui dominent la surface précambrienne de plusieurs centaines de mètres (de près de 1.000 mètres dans la même région de Djanet. Pl. XV, fig. 2). Les Tassilis internes présentent souvent de grandes surfaces de grès noirs, patinés, ravinés par le ruissellement et passant à des massifs découpés par l'érosion en une multitude de piliers et de colonnes au relief tourmenté, comme, par exemple, le massif du Tamrit, à l'E de Djanet (ce type de relief est connu par les Touareg sous le nom d' « Irrekam »). Les vieux cours d'eau y ont creusé de profondes gorges, parfois très étroites et très longues, toujours très belles ; c'est dans des canyons de ce type que se trouvent les grandes mares permanentes du Pays Ajjer : aguelmam d'Iheri, d'Iherir, etc.

Entre les Tassilis externes et les Tassilis internes, se développe une longue dépression à fond plat, de largeur variable, due à la présence des argiles à Graptolites du Gothlandien : c'est le « *sillon intra-tassilien* ». Il est souvent emprunté par des oueds subséquents plus ou moins importants, affluents des grands oueds tassiliens. Depuis Amguid jusque dans la région du Tihemboka, ce sillon se développe sur près de 500 km de longueur (emprunté ici par la grande piste de l'Atafaït-Afa) ; mais c'est principalement en bordure du Tadrart, que ce sillon intra-tassilien prend toute son importance, se développant sur près de 300 km du S au N depuis In Ezzan jusqu'au N de Serdelès, emprunté par les grands oueds de la région de Rhat (oued Arrikine, oued Essayène puis oued Tanezzouft). De nombreux petits ergs, avec fréquemment de très hautes dunes, se montrent souvent dans ce sillon.

2) LE PAYS PRÉTASSILIEN :

Les immenses affleurements de Dévonien supérieur et de Carbonifère qui constituent le « Pays prêtassilien » forment une grande plaine à peine accidentée qui s'étend en avant des reliefs des tassilis. Les seuls accidents notables sont les multiples petites cuestas déterminées par les bancs calcaires ou gréseux au milieu de puissantes séries à prédominance argileuse. Elles se suivent souvent sur des centaines de kilomètres et soulignent particulièrement bien la structure générale. C'est surtout dans la partie centrale du Bassin de Polignac, à travers le Pays carbonifère, que ces cuestas prennent de l'importance.

Une falaise plus importante, formée par les derniers grès du Dévonien supérieur (Grès du « Khenig » du nom d'une falaise de l'Ahnet) surmontant les argiles frasniennes, forme la « *côte prêtassilienne* » (J. FOLLOT, 1952). Tandis qu'elle se suit presque sans interruption à travers tout l'Ahnet et le Mouydir, elle ne se retrouve que dans la partie centrale du Tassili n'Ajjer, au N même de Fort-de-Polignac, où elle forme l'Adrar Illiren et le Tin Métas et plus à l'ouest les Gour Tikrabkrabé.

CHAPITRE IV

APERÇU SOMMAIRE SUR LE SOCLE PRÉCAMBRIEN

I. L'Ahaggar

Le socle cristallin qui affleure dans la partie centrale du Sahara, formant toute la boutonnière de l'Ahaggar, a été étudié en détail par M. LELUBRE (Thèse, 1952), puis plus récemment par les équipes géologiques du B.R.M.A. (B.R.G.M.) et par d'autres géologues comme J. BLAISE.

Dès 1928, C. KILIAN avait montré que ce Précambrien se subdivisait en deux grandes séries métamorphiques séparées par une importante discordance : le *Suggarien* et le *Pharusien*.

1) *Le Suggarien*, le plus ancien, est constitué principalement par des ensembles de schistes très métamorphiques. On peut y distinguer une série de base, dite *série de l'Arechoum*, où dominant les gneiss et les migmatites, et une série supérieure, la *série de l'Eg'éré*, avec des faciès plus variés : gneiss, amphibolites, cipolins, quartzites, etc. Les deux séries ont été plissées et tectonisées et montrent de nombreuses intrusions granitiques.

Le Suggarien se présente sous la forme de grands « blocs » rigides, qui se révèlent être de véritables horsts. Il constitue la majeure partie de l'Ahaggar central, bordé vers l'W par un immense accident NS, axé sur le 5° E. Cette zone se termine vers le N par le massif de l'Eg'éré, qui s'ennoie sous les tassilis internes à l'E d'Amguid. Plus à l'E, le Suggarien forme encore le grand massif de l'Anahef oriental ; ce dernier horst est limité vers l'W, par un grand accident, plus ou moins complexe, qui s'est révélé être l'un des traits majeurs de l'Ahaggar. Sensiblement NS, il se suit depuis la région de Fort-Gardel, en bordure du Tassili n'Ajjer, jusqu'au N de l'Aïr, coïncidant approximativement avec le 8°30 E.

2) *Le Pharusien* est la série la plus récente ; elle est séparée du Suggarien par une discordance majeure, soulignée par d'importants conglomérats liés à des épanchements volcaniques. Il faut cependant noter que des accidents tectoniques importants jalonnent souvent le contact même Suggarien-Pharusien.

Le Pharusien se présente comme un ensemble moins métamorphique que le Suggarien, avec des conglomérats plus ou moins importants, des quartzites et des arkoses, des schistes

souvent très épais, des amphibolites, des cipolins, des micaschistes... Les laves (rhyolites, dacites, andésites, microgranites...) sont abondantes à tous les niveaux.

Les séries pharusiennes semblent remplir de grands bassins plus ou moins effondrés ; on peut y voir le résultat de plusieurs cycles de sédimentation séparés par autant d'orogénèses. Dans l'Ahaggar oriental, le Pharusien forme les petits bassins de l'Arefsa et du Serkout, puis le grand fossé de Serouenout et enfin les immenses affleurements du Tafassasset, de Tiririne à Djanet. Cette dernière bande pharusienne se suit sur plusieurs centaines de kilomètres plus au S, jusqu'à la hauteur même de Djado.

De nombreux granites, granites migmatitiques ou granites intrusifs (type « Taourirt ») se sont mis en place dans le Pharusien, avec phénomènes de migmatisation.

LE PHARUSIEN DE LA PARTIE E DU TAFASSASSET :

Dans la région même de Djanet, le Pharusien est formé par des séries très migmatisées liées à de nombreux granites. Ces derniers forment notamment les grands reliefs de l'Adrar Mariaou, de l'Adrar Tiska, du Tin Enouar et du Tin Amalli, en bordure du Tafassasset.

Plus au S, après les vastes étendues de grès cambro-ordoviciens qui relient les Ajjer aux plateaux du Tafassasset, les séries précambriennes réapparaissent en bordure de la falaise du Djado, à l'E des plateaux du Bousselak et du Dissilak. Elles sont représentées par des schistes et des phyllades peu métamorphiques, le plus souvent redressées en position isoclinale, et traversées par quelques filons de quartz. Elles constituent la grande penéplaine qui s'étend jusqu'aux falaises de Chirfa et vers l'Emi Lulu, près de la frontière entre le Niger et l'Algérie, drainée par les enneris Tosom Korné et Er Roui.

II. Le Précambrien du Jebel Fezzan

C'est J.-P. LEFRANC qui découvrit le premier les affleurements de cristallin qui apparaissent au cœur du Jebel Fezzan, en mars 1952. Le massif du Jebel Fezzan était jusque-là considéré comme formé par d'énormes coulées basaltiques épanchées sur des plateaux crétaés.

La plupart de ces petits affleurements de Précambrien, qui apparaissent au milieu d'un grand plateau de grès cambro-ordoviciens homologues des « tassilis internes » s'alignent sensiblement sur un axe NS, très voisin du 14^e degré de longitude E. On a ainsi, du N au S :

- les affleurements de l'oued Aramas,
- le granite du Bousqué,
- le granite du Guettar,
- les affleurements de l'oued Badran- el Abed.

De plus, la présence très fréquente de granites pulvérisés dans certains cratères d'explosion laisse penser à la présence très proche du socle en profondeur.

III. Le problème des « séries intermédiaires » et de l'Infracambrien

Enfin, il faut noter un dernier ensemble de séries discordantes sur le Pharusien ou le Suggarien, peu ou pas métamorphiques, plus ou moins plissées, mais jamais migmatisées, ni traversées par des massifs granitiques¹. Ce sont les fameuses « Séries intermédiaires » des vieux boucliers, à la limite de l'Antécambrien et du Paléozoïque. On peut ainsi y inclure, à travers le Sahara central, la « Série pourprée » de l'Ahnnet (J. FOLLOT, 1949 et M. LELUBRE, 1958), le Nigritien de l'Adrar des Iforas (R. KARPOFF, 1958), la « Série de Tiririne » (J. BLAISE, 1958), etc.

Il semble bien que si certaines de ces séries intermédiaires se rattachent incontestablement encore au cycle précambrien, ce qui semble le cas de la « Série de Tiririne » et du Nigritien (considéré encore comme le terme supérieur du Pharusien dans l'hypothèse de LELUBRE), d'autres, comme la « Série pourprée » de l'Ahnnet, peuvent représenter le premier terme de la couverture sédimentaire paléozoïque.

Dans la partie orientale de l'Ahaggar, en dehors de la « Série de Tiririne » du Tafassasset, il n'existe pas d'autres séries intermédiaires et les grès cambro-ordoviciens reposent directement sur de vieilles séries pharusiennes arasées, pénéplanées et rubéfiées.

1. Les recherches récentes de R. KARPOFF (1962. Bull. Soc. Géol. Fr. (7), IV, p. 547-554) ont montré que cette règle n'était pas absolue et que dans certains cas le Nigritien pouvait être traversé par un granite jeune, le granite d'Ileatène.

CHAPITRE V

LE CAMBRO-ORDOVICIEN

Le puissant ensemble détritique, transgressif et discordant sur le socle précambrien, recouvert par le Gothlandien à Graptolites, et qui forme, dans l'E de l'Ahaggar, la base de la série paléozoïque, est attribué à un Cambro-Ordovicien s.l.

C'est à C. KILIAN que l'on doit les premières notions exactes sur l'âge de ces formations, jadis attribuées au Dévonien : « *Les Tassilis internes...* sont en grès quartziteux non fossilifères. J'ai pu observer la relation de ces grès avec les schistes à graptolites : ils sont en concordance avec eux et leur sont inférieurs. Ce sont donc des *grès siluriens* et, dans l'absence de fossiles, on ne peut affirmer qu'ils ne comportent pas à leur partie inférieure des bancs cambriens... » (C. KILIAN, 1922).

Les formations cambro-ordoviciennes devaient recouvrir la presque totalité du bouclier précambrien. Résultant de la destruction des vieux massifs cristallins, elles sont formées essentiellement par de puissantes assises gréseuses, caractère qui leur a valu l'appellation de « Grès inférieurs » (C. KILIAN, 1922) terme utilisé couramment jusqu'à ce jour et qui présentait l'avantage de ne pas préjuger de leur âge.

Les affleurements

Les « Grès inférieurs » (fig. 4) : constituent toute la partie centrale du domaine Ajjer, c'est-à-dire les Tassilis internes, et se retrouvent également dans le N du Fezzan, à plus de 500 km de là, formant le grand dôme du Jebel Fezzan.

1) LE TASSILI N'AJJER.

a) LES TASSILIS INTERNES :

Depuis la région d'Amguid jusque vers le Djado, soit plus de 800 km, les séries cambro-ordoviciennes ceinturent, vers le NE, le bouclier cristallin de l'Ahaggar, d'une bande de grès affleurant sur 20 à 60 km de largeur en moyenne. Toutefois, à la hauteur du 10^e degré E, cette auréole de « Grès inférieurs » s'avance vers le N, en une grande apophyse, entre le

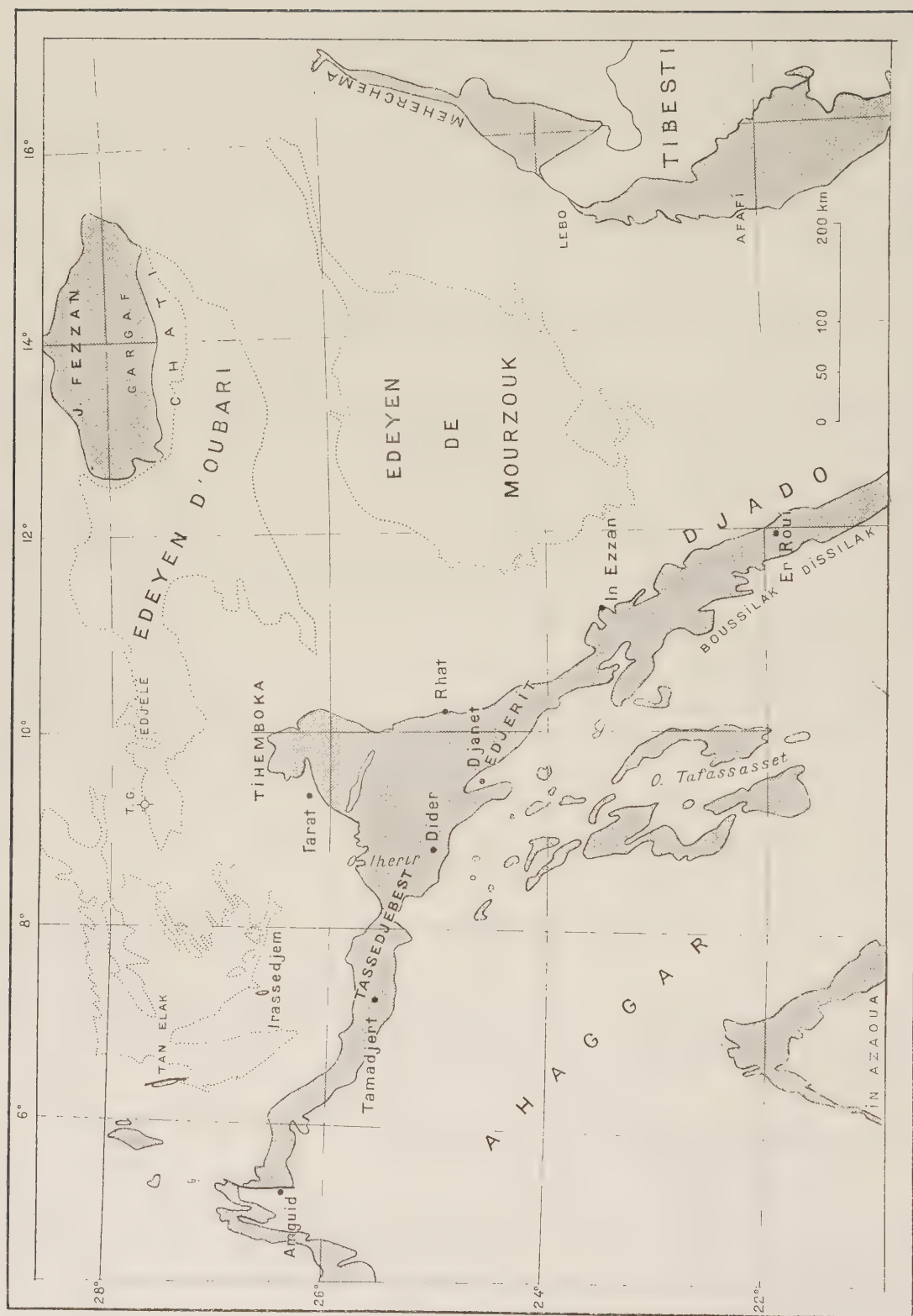


Fig. 4. — Carte des affleurements du Cambro-Ordovicien.

Tanguet et le Tadrart. C'est l'amorce de la dorsale anticlinale de Djanet-In Habertene-Tin Hieddan.

Cette formation couvre ainsi plus de 35.000 km² de surface, sans compter les immenses plateaux du Ténéré du Tafa sasset qui rattachent les tassilis du S de l'Ahaggar au Tassili n'Ajjer.

b) LES ANTICLINAUX DES « PAYS PRÉTASSILIENS » :

Les « Grès inférieurs » réapparaissent quelquefois au cœur de certains anticlinaux des pays prétassiliens : anticlinal de l'Adrar Tan Elak et anticlinal d'Irassedjem.

c) LES FORAGES :

Enfin, le Cambro-Ordovicien a maintenant été retrouvé à plusieurs reprises, au cours de forages pétroliers, dans le N du Bassin Ajjer. Il faut citer notamment les forages de l'Edjélé Tan In Azaoua (Dl.1, Dl.2.), de Tin Essameïd, dans la région de Bourarhet (Td.1), de Zarzaïtine, au N de l'Edjélé (Tg.1.), de Tiguentourine, à 80 km à l'W de l'Edjélé (Tg.1, Tg.2, La Reculée 2, etc.), d'Ihansatène, près de la piste de Fort-de-Polignac à Ohanet (Ih.1), etc.

2) LE N DU FEZZAN

Les grès cambro-ordoviciens y forment un grand dôme anticlinal de plus de 250 km de largeur EW sur 80 à 100 km du N au S. La zone centrale, hachée de fractures, constellée de pointements phonolitiques et de cratères d'explosion, constitue le Jebel Fezzan. On y voit apparaître, en plusieurs endroits, le socle précambrien.

Vers l'W, après une grande dépression occupée en partie par la Ramlet Soltan, les séries supérieures du Cambro-Ordovicien forment les reliefs du Belheran et du Djebel El Oucheur.

3) LE S DU DOMAINE AJJER ET DU FEZZAN

Vers le S, les séries cambro-ordoviciennes se subdivisent en deux ensembles distincts, qui jouent un rôle nettement différent dans la morphologie. D'une part, une série inférieure de grès grossiers et quarzitiques forme d'immenses glacis et de vastes plateaux très surbaissés, à travers tout le Ténéré du Tafassasset jusqu'au Boussekak et au Dissilak, à la hauteur de Djado. On retrouve ces mêmes grès vers l'E, où ils constituent les reliefs les plus orientaux du Meherchema et les premiers contreforts du Tibesti.

D'autre part, au S d'In Ezzan et de la région d'Ahoh, une série supérieure, constituée par des grès grossiers à *Harlania*, recouvre les plateaux précédents et forme dans le S la grande falaise qui s'étend de Roui Mousselim à Chirfa. Cette série se retrouve en bordure du Tibesti et se suit dans le S du Fezzan. Elle se caractérise par une morphologie particulière : grandes falaises bordées par de nombreux témoins isolés formant de véritables « inselberg ».

Description stratigraphique

L'importance des affleurements, les difficultés de parcours à l'intérieur des massifs, la monotonie des séries, l'absence de bons niveaux repères, ainsi que l'insuffisance du fond topographique, autant d'obstacles à l'étude stratigraphique des « Grès inférieurs ». Levées d'une manière assez sommaire, sans mesures précises d'épaisseur, les différentes coupes étaient difficiles à interpréter. Ce n'est que très récemment que l'I.G.N. a entrepris la couverture de photographies aériennes de la partie centrale du Pays Ajjer, permettant une cartographie précise des diverses séries. D'un autre côté, à la suite des travaux récents de plusieurs géologues dans le sud-Marocain, les Chaînes d'Ougarta et le Sahara occidental, il est enfin possible de tenter des corrélations sérieuses entre les différentes séries cambro-ordoviciennes.

I. Le Cambro-Ordovicien du Domaine Ajjer

1) LE TASSILI N'AJJER S. STR.

On peut maintenant y distinguer plusieurs séries bien individualisées, remarquables par la constance de leurs faciès.

a) LES « GRÈS DE BASE » DES TASSILIS INTERNES :

On a vu précédemment l'existence et l'extension de la grande pénéplaine anté-cambrienne — dite *pénéplaine anté-tassilienne* — sur laquelle se sont déposées les puissantes assises cambro-ordoviciennes. Au contact des « Grès inférieurs » le Cristallin se montre profondément altéré et on retrouve presque partout les témoins d'un horizon rubéfié qui devait recouvrir la plus grande partie de la pénéplaine. Cependant, quelques rares massifs devaient rester en relief, notamment quelques grands filons de quartz que l'on retrouve ennoyés à la base de la série tassilienne (E de l'Erg Tihodaïne, etc.).

Les séries gréseuses des Tassilis internes débutent par un *conglomérat de base*, épais généralement de quelques dizaines de centimètres à quelques mètres.

Ce conglomérat est formé essentiellement par des galets de quartz — quartz blanc ou quartz limpide — avec, plus rarement, quelques galets de quartzites ou de pélites silicifiées. Il faut noter l'absence totale de galets de granite ou d'autres roches cristallines. Ces galets, de 0,5 à 5 cm avec un maximum de fréquence autour de 2 cm, sont, le plus souvent, parfaitement arrondis et souvent recouverts par une mince pellicule ferrugineuse. Un grès assez fin, bien homogène, silicifié, sert de ciment. En plusieurs points, notamment à l'W d'Afara, on trouve, mêlés aux galets, des fragments de cristaux de quartz, encore anguleux et apparemment non roulés.

Le *conglomérat de base* est parfois absent ou n'apparaît qu'après quelques mètres de grès plus ou moins grossiers et souvent à stratification entrecroisée. Il évoque d'anciens cordons littoraux et pourrait jouer le rôle de *placers* fossiles. Son étude pétrographique détaillée n'a pu être abordée.

Il est recouvert par des grès assez grossiers, souvent quartzifiés, à stratification entrecroisée. Ce sont ces grès, épais de 150 à 250 mètres en moyenne, qui forment les grandes falaises tassiliennes, particulièrement développées dans la région de Djanet.

Ce sont généralement des grès grossiers, blancs ou ocre très clair, quartzifiés. La morphologie des grains est presque toujours anguleuse ; la taille moyenne de ceux-ci oscille entre 0,2 et 0,6 mm, mais on observe de nombreux niveaux de grès plus fins intercalés dans la série, ainsi que des passages de petits cailloutis, avec galets de quartz. Le ciment est abondant, essentiellement siliceux ; on observe de nombreux grains à nourrissage secondaire. Il existe quelques paillettes de muscovite et quelques zircons.

A la partie supérieure de ces grès, s'intercalent quelques lentilles d'argile blanche, kaolinique (lentilles de « *jir* », au sommet de la falaise à l'W de Djanet).

Ces argiles sont formées généralement de kaolinite presque pure, avec parfois un peu d'illite. Au microscope électronique, la kaolinite montre un faciès en plaquettes hexagonales, généralement très bien formées, de taille très variable. Quelques impuretés (gypse, oxydes de fer, très fines particules de quartz) accompagnent la kaolinite. Ces argiles pourraient provenir d'un lessivage continental repris et déposé sous une mince tranche d'eau, près du littoral (A. OBERLIN et J.-M. FREULON, 1958).

Les derniers bancs de grès montrent quelquefois de grandes surfaces à ripple-marks, avec des pistes diverses (*Bilobites*, etc.), ainsi que quelques tubulures verticales (premier horizon à Tigillites ?).

Cette série inférieure montre les mêmes faciès et les mêmes épaisseurs à travers tout le Tassili n'Ajjer. A sa partie supérieure, elle semble terminée par une vaste surface d'érosion, visible d'avion ou sur photos aériennes (Pl. II, fig. 2). Les séries suivantes viendraient ennoyer cette surface.

Les derniers horizons gréseux présentent une morphologie particulière : nombreuses colonnes verticales, hautes d'une dizaine de mètres en général, mais pouvant atteindre quelquefois une trentaine de mètres, de quelques mètres de diamètre, et accolées les unes aux autres. Cette morphologie, qui se développe surtout à certains niveaux privilégiés, semble résulter d'une érosion éolienne de grès fortement diaclasés et mal cimentés. J'emploierai, pour désigner ces horizons, le terme touareg « Irrekam » qui s'applique à ces reliefs. On les suit à la partie supérieure de toutes les falaises tassiliennes, mais ils prennent un développement particulièrement spectaculaire à l'E de Djanet, dans le Tamrit (Pl. II, fig. 1).

b) LES SÉRIES A TIGILLITES :

Les « Grès de base » sont recouverts par une série de grès clairs, assez fins, au milieu desquels apparaissent plusieurs niveaux à Tigillites. Comme nous l'avons signalé, les « Grès à Tigillites » semblent ennoyer une vieille surface d'érosion, mais si on a pu observer une discordance angulaire (faible il est vrai) entre les deux séries, celle-ci est probablement due à des phénomènes de stratification inclinée plutôt qu'à une phase tectonique.

Les faciès et les épaisseurs se montrent déjà plus variés que pour les horizons de base. D'une manière générale, la série est formée par des grès blancs, relativement fins, en bancs massifs.

Dans l'oued Aharhar, les grès à Tigillites, qui présentent ici leur faciès le plus courant, sont généralement des grès moyens à fins, blancs, durs, souvent silicifiés. Les grains, toujours anguleux, oscillent entre

0,02 et 0,6 mm, avec un maximum de fréquence autour de 0,2 mm. Quelques paillettes de muscovite et de rares zircons associés quelquefois à des tourmalines roulées. Le ciment est surtout siliceux, avec des plages argileuses.

Les horizons à Tigillites montrent des épaisseurs très variables : de quelques dizaines de centimètres à quelques mètres vers l'W, dans la région de Tamadjert, ils s'épaississent à travers le Tasedjebest pour atteindre une centaine de mètres à l'E d'Aharhar et jusqu'à la hauteur des oueds Imirhou et Iddô ; ils se réduisent un peu vers l'E, dans le NE de l'Assakao, puis très rapidement à la latitude de Rhat pour disparaître dans le S de l'Edjerit. Mais même dans leurs zones de plus grande extension, les niveaux à Tigillites ne sont pas homogènes, et il s'y intercale toujours de grandes lentilles de grès blancs, à ripple-marks, avec passées d'argile. Suivant une hypothèse déjà émise, cette répartition des niveaux à Tigillites pourrait être liée aux conditions bathymétriques lors du dépôt (P. HUPE, 1958).

c) LES SÉRIES TERMINALES.

Une série de grès grossiers, microconglomératiques, alternant avec des argiles gréseuses vertes, recouvre les « Grès à Tigillites », ce dernier ensemble paraissant se terminer par une vieille surface d'érosion. L'ennoyage de cette surface par les séries terminales, visible en plusieurs points (Tamadjert, régions d'Iherir et de l'oued Imirhou, etc.), ressort parfaitement sur photos aériennes (voir carte fig. 4).

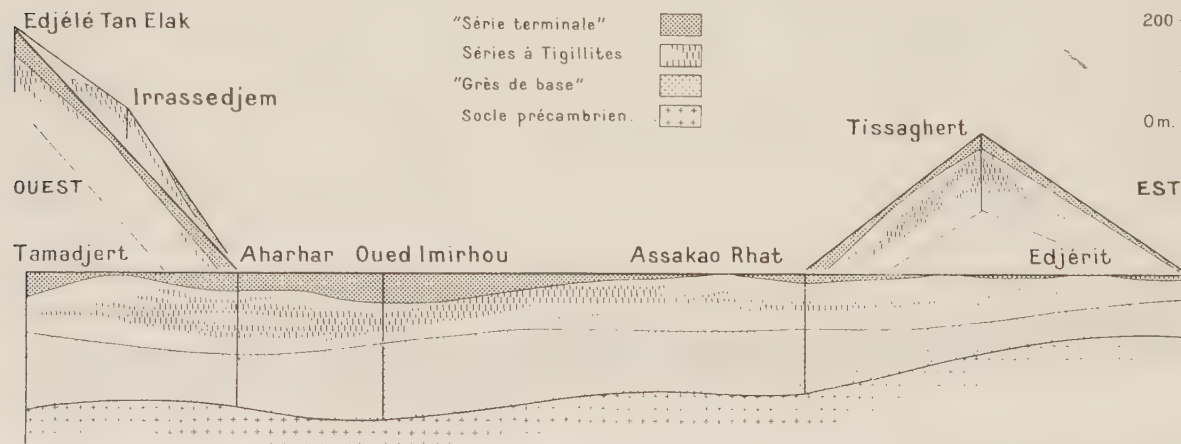


Fig. 5. - Évolution du Cambro-Ordovicien à travers le Tassili n'Ajjer.

Si les faciès sont assez variables, un caractère semble constant : c'est l'hétérogénéité et le microfaciès des grès.

Vers l'W, dans la région de Tamadjert, la série est formée en majeure partie par des grès fins, micacés, gris-verdâtre, à ciment argileux. On y observe par endroits, de beaux phénomènes de « slumping » (notamment autour des grottes de Tamadjert).

Au microscope, on remarque que les grains sont très mal triés : grains de 0,02 à 0,5 mm avec un maximum de fréquence autour de 0,2 mm. Ils sont le plus souvent très anguleux, à l'exception des plus

gros. On observe de nombreux quartz à extinction roulante, ainsi que de nombreuses inclusions ; il existe aussi quelques fragments de quartzites roulés, avec de très rares feldspaths, quelques paillettes de muscovite, et quelques tourmalines roulées. Le ciment, très abondant et englobant totalement les grains qui ne sont pas jointifs, est constitué en majeure partie par une phyllite brune avec quelques oxydes de fer.

Ces « Grès de Tamadjert » se terminent par une dalle de grès fins, ocre clair, souvent à stratification entrecroisée.

Après une certaine extension à la bordure N de l'anticlinal du Tasedjebest, les séries terminales se suivent au N d'Aharhar, où elles se trouvent alors constituées par des grès assez grossiers, mal cimentés, à stratification entrecroisée, alternant avec des grès à ciment ferrugineux et empreintes de galets d'argiles.

Mais c'est surtout *entre Iherir et l'oued Ihreri* que ces « séries terminales » prennent une importance considérable. Elles se trouvent formées alors par des ensembles de grès plus ou moins grossiers, souvent à ciment ferrugineux, alternant avec des grès argileux et des argiles verdâtres ; à la partie supérieure, un banc de grès blanc, massif, en grandes dalles, avec quelques surfaces à ripple-marks semble assez constant. Il présente, en plusieurs régions, la morphologie caractéristique en « Irrekam ». Ces dernières séries, pouvant atteindre une centaine de mètres, semblent, ici, remplir une dépression creusée dans les « Grès à Tigillites ».

À la bordure orientale du Tassili n'Ajjer, de Tarat à la hauteur d'In Ezzan, seuls quelques niveaux assez peu épais et souvent lenticulaires de grès recouvrent les « Séries à Tigillites ».

Le plus souvent, ce sont des grès, moyens à grossiers, blancs, souvent friables. Comme précédemment, la morphologie des grains est le plus souvent anguleuse, avec de rares grains roulés ; la granulométrie est très hétérogène, avec des grains allant de 0,05 à 1 mm et un maximum de fréquence autour de 0,2-0,5 mm. On y observe quelques fragments de feldspaths, très altérés et quelques paillettes de muscovite. Le ciment, assez peu abondant dans l'ensemble, peut être, soit siliceux, soit argileux.

Au N de Rhat, dans *la région d'Ireladen*, le Cambro-Ordovicien se termine par des grès grossiers, avec niveaux ferrugineux alternant avec des lentilles d'argiles gréseuses, verdâtres. Au sommet de la série, immédiatement sous les argiles gothlandiennes, on observe un conglomérat à galets de cristallin, les galets étant noyés dans un grès grossier à ciment ferrugineux ; leur taille varie de quelques centimètres à près de 40 à 50 centimètres. Ils sont plus ou moins anguleux et de nature très variée : galets de granite, de microgranite, de phyllades, de quartzites ou de quartz (les plus nombreux), galets de grès remaniés et empreintes de galets argileux. L'origine des galets de cristallin pose un problème ; leur état exclut un long transport et il semble qu'il soit nécessaire d'admettre un massif précambrien émergé, à la fin de l'Ordovicien, à l'E ou au NE de Rhat. Les nombreux forages récents des pétroliers nous ont d'ailleurs montré la complexité de l'Ordovicien saharien : en particulier, dans la partie nord du Bassin de Fort-de-Polignac, de nombreux mouvements pendant l'Ordovicien, d'ampleur souvent non négligeable, se sont traduits par d'importantes lacunes, et les séries les plus récentes (équivalentes de nos séries terminales) recouvrent quelquefois directement ou presque le socle précambrien. Ainsi, ce niveau d'Ireladen, à première vue anormal, correspond pourtant bien au rajeunissement général à la fin de l'Ordovicien.

On avait émis quelquefois l'hypothèse d'une *tillite* pour expliquer l'apparition de ces galets de cristallin (M. LELUBRE, 1952). En l'absence de traces d'érosion glaciaire, il est difficile

de se baser sur l'existence de quelques galets à peine striés et incorporés dans des argiles plus ou moins gréseuses pour soutenir cette hypothèse.

Ce niveau d'Iréladen se suit sur une cinquantaine de kilomètres, depuis le N de Rhat jusqu'en bordure du maader de Tahrou, près des sources de Ihanaren. On retrouve des lentilles identiques, avec des conglomérats de cristallin, un peu plus au S, à la base du Gothlandien entre In Ezzan et le Djado.

L'évolution des différentes séries cambro-ordoviciennes peut être résumée dans le schéma de la p. 48 (fig. 5). Bien que très sommaire (il faudrait notamment pouvoir subdiviser les « Séries à Tigillites » en au moins deux séries distinctes et la « Série terminale » en plusieurs termes se ravinant mutuellement), il nous permet de voir cependant l'assez grande importance que prend la « Série terminale » dans la partie centrale du Tassili n'Ajjer où elle semble envoyer de grandes vallées et sa disparition au moins partielle vers l'E. Les petits affleurements de Cambro-Ordovicien des pays prêtassiliens ont été intégrés également sur ce schéma.

2. LES ANTICLINAUX DES PAYS PRÉTASSILIENS.

Les grès cambro-ordoviciens réapparaissent, au NW du Tassili n'Ajjer, dans la partie centrale de deux anticlinaux prêtassiliens :

a) ANTICLINAL D'IRRASSEDJEM :

Au centre de cet anticlinal faillé, près des sources d'Irassedjem, on peut observer la succession suivante :

- à la base, des grès gris, friables, alternant avec des grès argileux ; on y observe de nombreux niveaux à Tigillites.

- couronnant la série précédente, une dalle d'une dizaine de mètres de grès compacts, avec de minces passées de grès à Tigillites.

- enfin, reposant directement sur ces grès à Tigillites, arrivent les argiles à Graptolites gothlandiennes.

Les « séries terminales » connues plus au S, dans la région de Tamadjert par exemple, semblent ici, absentes.

b) ANTICLINAL DE L'EDJÉLÉ TAN ELAK :

Les séries cambro-ordoviciennes affleurent sur une quinzaine de kilomètres de long au cœur de cet anticlinal. On peut y lever la coupe suivante (fig. 6) :

1. — Argiles, psammites et grès à Tigillites ; cette série, dont une centaine de mètres environ est visible en affleurements, est affectée par des plis bien marqués, de direction W-E.

2. — Une série de grès assez grossiers, tendres, débutant par un petit poudingue à éléments quartzueux, recouvre en discordance (discordance pouvant atteindre 90° localement) les grès à Tigillites ; elle se termine par des grès quartzitiques, blanc-bleuté, micacés, qui constituent notamment le dôme S de la partie centrale du Tan Elak.

L'intérêt de la coupe du Tan Elak est de montrer qu'une phase tectonique importante a affecté les « Séries à Tigillites » avant le dépôt des « Séries terminales » (phase taconique

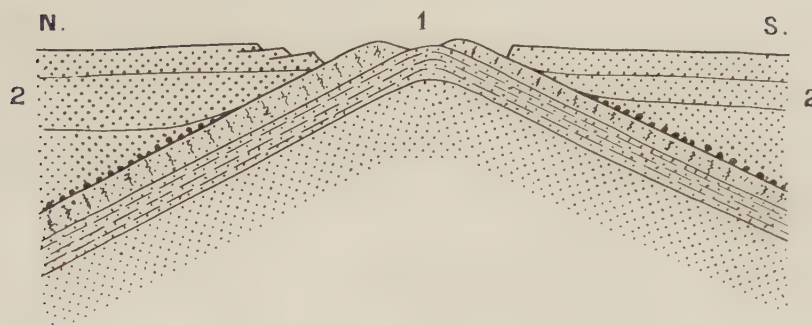


Fig. 6. — Coupe du Cambro-Ordovicien du Tan Elak.

1. Argiles et grès à Tigillites. — 2. Grès grossiers.

ancienne ?), celles-ci résultant de la destruction de massifs émergés lors des plissements (voir chapitre « Structure et Tectonique », p. 177).

3) LE N DU BASSIN.

On a vu que le Cambro-Ordovicien a été retrouvé en profondeur, dans le N du Bassin, par les nombreux forages pétroliers effectués dans la région de l'Edjélé Tan-In-Azaoua. Malheureusement, peu de renseignements ont été publiés sur ces forages. On sait seulement que les séries cambro-ordoviciennes montrent de fortes réductions d'épaisseur par rapport aux affleurements du Tassili n'Ajjer : 100 à 200 mètres dans la zone de l'Edjélé se réduisant à quelques dizaines de mètres vers Tiguentourine.

II. Le Cambro-Ordovicien du S du Pays Ajjer et du Fezzan

Au S du Tropique, les deux principales séries cambro-ordoviciennes vont se différencier de plus en plus, grâce notamment à une morphologie caractéristique. D'une part, les « Grès de base » donneront d'immenses plateaux, recouverts par endroits par les alluvions du Tafassasset ; de l'autre, les « Séries à Tigillites » qui font place ici aux « Grès à Harlania », constitueront de puissants massifs terminés par les grandes falaises associées à des « inselbergs ».

1) LE S DU PAYS AJJER : DU TAFASSASSET AU DJADO.

a) LES GRÈS DE BASE :

Au S de l'Edjérît, les grès grossiers qui forment la base du Cambro-Ordovicien, s'étalent pour former les plateaux du Ténéré du Tafassasset, reliant les Tassilis internes du Pays Ajjer aux Tassilis du S de l'Ahaggar. On les suit ainsi, sans discontinuité, depuis le Tassili d'Edembo et l'W d'In Ezzan jusqu'à l'oued Tin Tarabin, au N de l'Aïr et jusqu'au Tassili Tin Eg'olé. En direction du S, ils constituent tous les petits tassilis qui bordent le Ténéré, depuis le S d'Ahoh jusqu'au Bousselak et au Dissilak.

Dans toutes ces régions, les grès reposent sur un Précambrien presque toujours parfaitement pénéplané, et souvent profondément rubéfié et altéré. Comme dans le Tassili n'Ajjer, ils débutent généralement par un conglomérat à galets de quartz.

Les grès eux-mêmes sont le plus souvent grossiers, d'allure quartzitique. On y observe fréquemment de nombreuses passées conglomératiques, à petits cailloutis de quartz. Les niveaux ferrugineux sont fréquents. La stratification entrecroisée est de règle.

Ces grès, puissants de 100 à 150 mètres vers le N, se réduisent rapidement en direction du Djado, et ne dépassent pas quelques dizaines de mètres dans le S du Dissilak. Une évolution analogue se dessine dans le N de l'Aïr, où ils arrivent même à disparaître, le Précambrien étant directement recouvert par des formations post-ordoviciennes.

b) LES « GRÈS A HARLANIA » :

Au SE de Djanet, les « Grès inférieurs », épais de 300 mètres en moyenne, montrent une succession continue de grès plus ou moins grossiers à stratification entrecroisée, dans laquelle il est pratiquement impossible d'établir des coupures. Mais, à une centaine de kilomètres plus au S, une série gréseuse supérieure va progressivement se distinguer. Dès le S d'Ahoï et le Tassili Ouan-Imorouden, elle s'épaissit progressivement et prend de plus en plus d'importance, pour former enfin les grandes falaises de Rouï Mousselimi et du Djado, ainsi que les « buttes-témoins » d'Orida.

Cette série est constituée essentiellement par des grès blancs, friables, à stratification entrecroisée, avec de fréquentes passées peu épaisses de pélites ferrugineuses brun-rouge. C'est dans ces derniers niveaux que s'observent les *Harlania*. Les grès, grossiers, massifs, sont souvent fortement diaclasés.

Les *Harlania* — ou *Arthropycus* (Pl. IV, V fig. 3) — se présentent habituellement sous la forme de tiges subcylindriques, de 1 à 2 cm de diamètre, se divisant dichotomiquement et présentant fréquemment plusieurs branches. La partie supérieure des tiges, de section presque circulaire, présente des côtes espacées qui forment des crêtes transverses distinctes les unes des autres de 5 mm en moyenne. Certains exemplaires, de conservation exceptionnelle, montrent, sur toute la surface extérieure de ces tiges, une sorte de pilosité formée par de nombreux filaments très fins.

Les tiges, longues souvent de plus d'un mètre, d'un diamètre constant d'une extrémité à l'autre, se présentent le plus fréquemment en faisceaux, l'ensemble des tiges semblant issu d'un même point.

Des sections polies longitudinales et transversales n'ont pas révélé de structure interne, la partie centrale étant remplie par un grès identique à celui qui forme l'ensemble de la roche.

Ces *Problematica* ont été découverts et décrits pour la première fois en Amérique du Nord, dans les Appalaches :

1820 — sans nom — Eaton, Index to the Geology of the Northern States.

1831 *Fucoides alleghaniensis*. R. HARLAN, J. Ac. Nat. Sci. Phil., 6, 289.

1839 *Fucoides harlani*. T.-A. CONRAD, Sec. and Third Rep. of the Paleont. of the Geol. Survey, N. Y.

1852 *Arthropycus alleghaniensis*. J. HALL.

1852 *Harlania halli*. H.-R. GOEPPERT.

L'appellation *Arthropycus* serait la seule correcte (c'est celle qui est effectivement utilisée aux Etats-Unis), mais l'usage constant du terme *Harlania* dans la littérature intéressant les formations primaires du Sahara impose une priorité d'usage.

Aux Etats-Unis, les *Arthropycus* sont connus principalement dans les formations gréseuses d'origine

littorale des « Medinan series », de la base du Gothlandien. On les connaît en plusieurs autres régions, notamment au Brésil (dans des grès gothlandiens) et au Portugal (dans des grès ordoviciens).

De nombreuses hypothèses ont été émises sur l'origine de ces fossiles : Algues primitives (hypothèse soutenue par de Saporta, Schimper, Delgado, etc., mais combattue par Römer, Nathorst, Sarle...) pistes ou tubes d'Annélides (O. Abel, C.-J. Sarle, etc.). Aucune observation nouvelle ne permet de conclure.

Des formations à *Harlania* se retrouveront à la partie supérieure du Gothlandien, dans ces mêmes régions ; aucune différence visible ne pourra être observée entre les *Problematica* de ces différents niveaux.

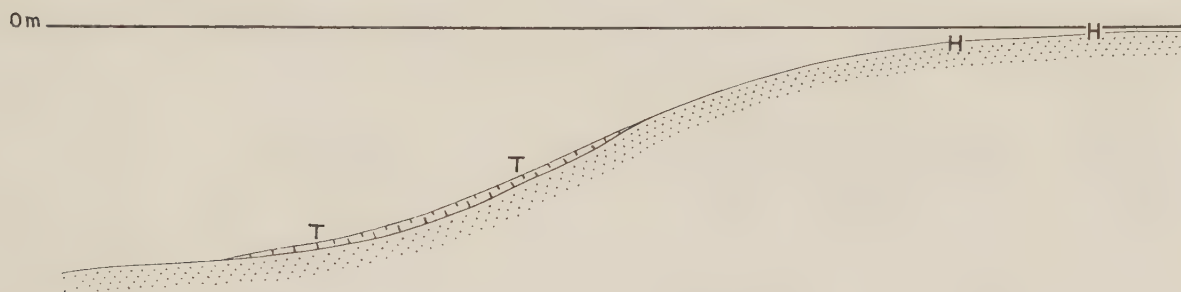


Fig. 7. — Schéma montrant les conditions relatives de dépôt des grès à *Harlania* et des grès à Tigillites.

H.H. : « plage à *Harlania* ». — T.T. : fond sableux à Vermidiens et algues siphonnées verticillées. — 0 m : niveau probable de la mer.

A la hauteur de Roui Mousselimi, au milieu des « Grès à *Harlania* » s'intercalent quelques lentilles de grès blancs, moyens, à Tigillites. Il semble que ces « Grès à *Harlania* » soient l'équivalent à peu près exact des « Grès à Tigillites » du N, l'apparition et la disparition des Tigillites et des *Harlania* étant liées à des conditions bathymétriques, selon le schéma ci-dessus (fig. 7).

c) LES « SÉRIES TERMINALES » :

Seuls, entre Our Itourage et le Tassili Ouan-Imorouden, quelques niveaux de grès grossiers alternant avec des bancs de grès quartzitiques et des niveaux de psammites et d'argiles verdâtres pourraient représenter l'équivalent des « séries terminales » du Tassili n'Ajjer. Plus au S, quelques bancs de grès grossiers au sommet des « Grès à *Harlania* », se rattachent peut-être déjà à ces mêmes séries, mais il est difficile, en l'absence de niveaux repères, de les distinguer des « Grès à *Harlania* ».

A la partie supérieure des grès de la falaise d'Er Roui Mousselimi, s'observent de gros galets de roches cristallines (granite, microgranite, quartzites, etc.) épars dans le dernier niveau gréseux, avec un ciment ferrugineux. Le faciès et la position stratigraphique de ce conglomérat rappellent étroitement ceux de l'« horizon d'Ireladen ».

2) LE S DU FEZZAN : DU MEHERCHEMA AUX PREMIERS CONTREFORTS DU TIBESTI.

Comme dans le S du Pays Ajjer, on peut distinguer ici deux séries bien distinctes :

— A la base, des grès grossiers, quartzitiques, massifs, fortement diaclasés ; épais de 100 à 200 mètres en moyenne, ils constituent les massifs les plus orientaux du Meherchema

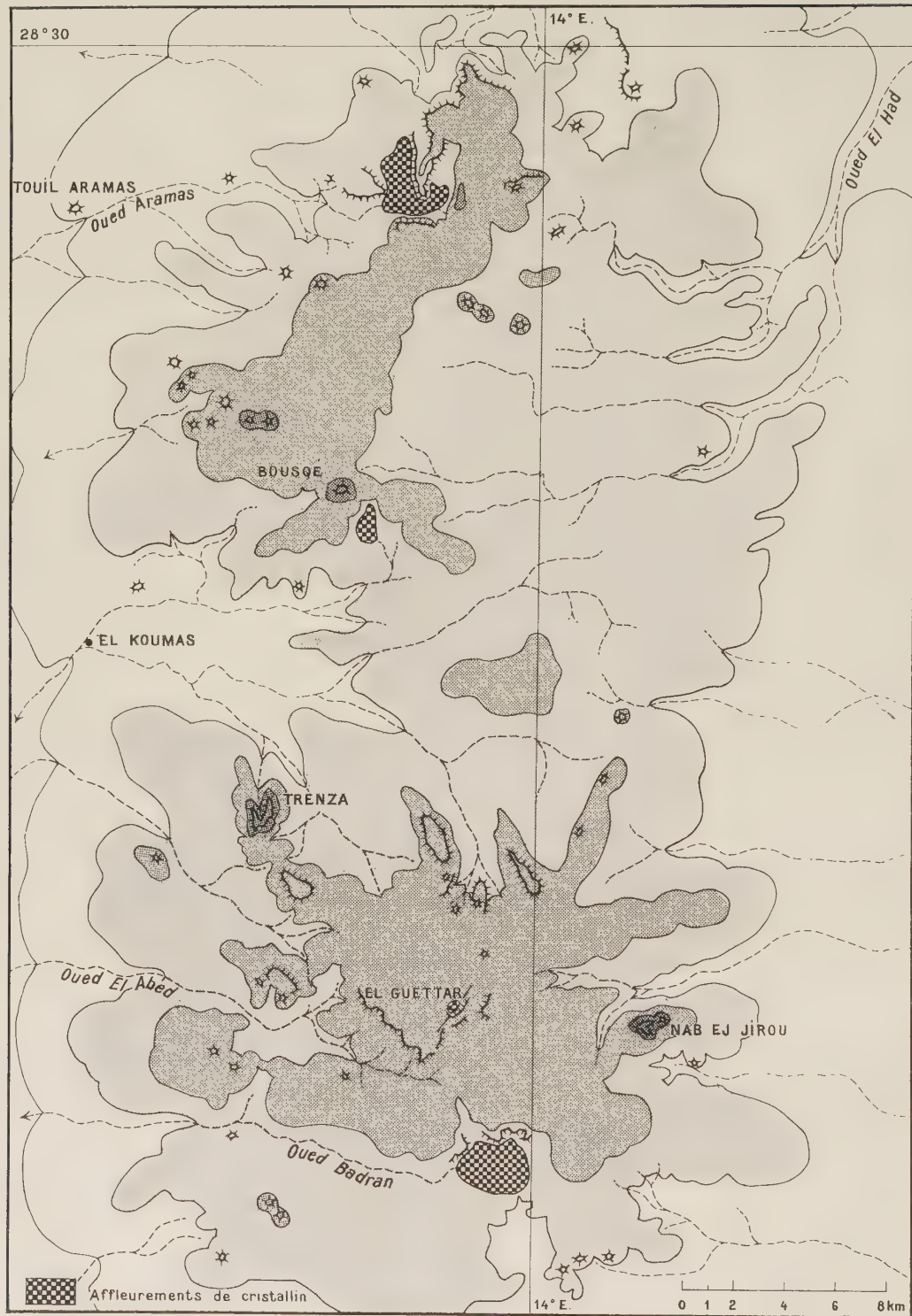


Fig. 8. Croquis hypsométrique du Jebel Fezzan.

et se relie, par la région de Lebo, aux premiers contreforts du Tibesti. Leur position entre le socle précambrien et les premiers niveaux à *Harlania* permet de les assimiler aux « Séries de base » du Cambro-Ordovicien.

— Au-dessus, se développent des grès souvent grossiers, ocres avec de fréquents niveaux ferrugineux, à stratification entrecroisée, avec des lentilles de pélites ferrugineuses à *Harlania*. Ces niveaux ne prennent de l'importance qu'au S de Lebo, du Kibei-Maiokma au massif d'Afafi et surtout plus au S, sur la bordure occidentale du Tibesti.

III. Le Cambro-Ordovicien du N du Fezzan

Dans la partie septentrionale du Fezzan, immédiatement au N du Chati, apparaît un grand dôme anticlinal, orienté sensiblement ENE-WSW, de près de 250 kilomètres dans sa plus grande largeur sur une centaine de kilomètres du N au S. Il est constitué uniquement par une puissante série gréseuse attribuable au Cambro-Ordovicien.

Ces grès avaient été considérés par les Italiens (A. DESIO, 1939) comme l'équivalent des « Grès de Nubie » connus plus au S. Cette assimilation cadrait assez mal cependant avec ce que l'on connaissait de la géologie du Fezzan. Dès 1945, M. LELUBRE, après un itinéraire Aouinet-Ouenin-Edri-Brak, montrait que ces grès ne pouvaient être qu'anté-Dévonien supérieur (M. LELUBRE, 1945).

Puis J.-P. LEFRANC découvrait, en 1951, les affleurements de Précambrien du Jebel Fezzan, ce qui levait toutes les incertitudes sur l'âge de ces grès : intercalés entre le socle précambrien et les schistes à Graptolites gothlandiens (Bir el Gasr), ils se rattachaient directement aux « Grès inférieurs » des Tassilis.

LES DIFFÉRENTES SÉRIES.

On retrouve ici plusieurs séries analogues à celles connues dans le Cambro-Ordovicien du Tassili n'Ajjer :

1) LES « GRÈS DE BASE » :

Ils constituent toute la partie centrale du massif anticlinal : Jebel Fezzan et Gargaf (voir cartes p. 44, 54, 94 et Pl. VI). Cette série de base, épaisse de 300 à 400 mètres en moyenne, est constituée par un ensemble de grès moyens à grossiers, souvent à stratification entrecroisée, avec quelques passées de pélites ferrugineuses. Elle débute par un conglomérat à galets de quartz, reposant sur un Précambrien pénéplané et rubéfié. Ce conglomérat, épais généralement de plusieurs mètres, est particulièrement bien visible dans la petite cuvette de l'oued Aramas, dans le N du massif. On retrouve des passées à petits galets de quartz dans plusieurs niveaux supérieurs. Des grès plus fins, micacés, passant à des pélites, déterminent de petites cuestas locales.

Les grès sont généralement fins à moyens, saccharoïdes, friables blancs. La morphologie des grains est toujours anguleuse ; la taille de ceux-ci varie de 0,05 à 1 mm en moyenne avec un maximum de

fréquence autour de 0,2 à 0,3 mm. Muscovite rare et feldspath totalement absent. Ciment argilo-siliceux peu abondant.

Ces grès (O. Aramas, Badran, Nord O. Zigza) rappellent beaucoup ceux des séries de base des Tassilis internes.

A la partie supérieure apparaissent des grès fins ou moyens, blancs ou ocres, à stratification entrecroisée et quelques surfaces à ripple-marks. On les retrouve dans toute la partie S du Jebel Fezzan (région de l'Oued Zigza...) et dans les Gargafs, de la Ramlet Soltan au Chati.

2) LES « GRÈS DU MELEZ CHOGRAN » :

A la partie W du dôme du Jebel Fezzan, apparaissent des grès blancs, avec plusieurs niveaux à Tigillites : ces niveaux se suivent depuis l'E du Belheran jusqu'au N de l'Oued Sfar en passant par les reliefs du Melez Ech Chogran. Epais de 150 à 200 mètres en moyenne, ils semblent l'homologue des « Grès à Tigillites » du Tassili n'Ajjer.

3) LES « SÉRIES TERMINALES » :

La série précédente se trouve recouverte, au S d'Aouinet-Ouenin, par des argiles gréseuses verdâtres et par une centaine de mètres de grès clairs, assez grossiers, massifs. Cet ensemble argilo-gréseux peut se rattacher, par sa position et son faciès aux « Séries terminales » du Pays Ajjer.

Comparaison avec les autres séries cambro-ordoviciennes et âge des « grès inférieurs »

Jusqu'à ce jour, en l'absence de faune caractéristique (à l'exception de *Problematica* comme les Tigillites ou les *Cruziana*) on est réduit, pour dater les Grès inférieurs du Sahara central, à essayer de corrélér ces séries avec celles du Sahara nord-occidental, bien plus complètes et datées par des faunes précises.

On verra donc rapidement le Cambro-Ordovicien des Chaînes d'Ougarta et du Touat et l'on tentera de relier ces séries à celles du Tassili n'Ajjer par les Tassilis du N du Hoggar, Ahnet et Mouydir.

1) CHAINES D'OUGARTA.

Dans la partie NW des Chaînes d'Ougarta, nous trouvons les séries suivantes (de bas en haut) :

CAMBRIEN :

- à la base, des grès grossiers et des arkoses.
- des argiles vertes, plus ou moins gréseuses, passant vers leur partie supérieure, à des grès rouges, micacés à stratification entrecroisée.
- puis des quartzites à Tigillites.
- une dalle à Lingules couronne le tout.

[illegible]

☐ Cambrien inférieur

56

fre
pe

in

ca
S
Cl

ni
St
ils

vo
an
A

co
co
co

l'
A

en

ORDOVICIEN :

- au-dessus de la dalle à Lingules viennent des psammites à chlorite et glauconie. La faune, assez rare (*Orthis* et surtout *Dichograptus*) indique l'Arenig.
- des grès fins, lités.
- un nouvel ensemble de quartzites à Tigillites.
- ce dernier horizon à Tigillites se trouve surmonté par un ensemble de grès, de quartzites et d'argiles ; la faune recueillie indique le Llandeilo.
- des grès grossiers rouges, assez peu épais.
- une dernière dalle de quartzites.

Vers le SE (au-delà de Kerzaz), l'ensemble diminue de puissance et certains niveaux disparaissent. Au Jebel Hèche, nous avons la coupe suivante :

CAMBRIEN :

- à la base, toujours des grès grossiers et des arkoses.
- puis, des grès à stratification entrecroisée et des grès blancs à Tigillites.
- ce premier niveau à Tigillites est surmonté toujours de la même dalle à Lingules.

ORDOVICIEN :

- il débute par une épaisse série argileuse ; il s'y intercale plusieurs horizons à miches calcaires ayant fourni des Trilobites de l'Arenig (grands Asaphidés).
 - la série se poursuit par des argiles à passées gréseuses avec une faune du Llandeilo.
- Comme on le voit, on ne retrouve pas ici le deuxième horizon à Tigillites qui semble avoir disparu dans toute cette région (à la suite de mouvements intra-ordoviciens ?).

Dans toute la partie SW des Chaînes d'Ougarta, nous retrouvons à peu près les mêmes séries.

Ainsi, à travers le Kahal Tabelbala :

CAMBRIEN :

- sur les rhyolites infra-cambriennes, viennent des arkoses, des conglomérats, des grès grossiers et des grès argileux.
- puis un ensemble de grès quartzitiques, avec de nombreux niveaux à Tigillites, et de grès plus ou moins argileux.
- la dalle à Lingules couronne toujours ce premier ensemble.

ORDOVICIEN :

- il débute par un ensemble argilo-gréseux avec des grès argileux et des quartzites à Tigillites ; plusieurs niveaux ferrugineux s'intercalent au milieu de la série.
- puis viennent des grès plus ou moins grossiers, des grès argileux micacés et des grès-quartzites.

L'ensemble atteint 1.500 m de puissance.

2) DES CHAINES D'OUGARTA AU N DU HOGGAR : LE TOUAT.

Les séries cambro-ordoviciennes du Touat sont intéressantes pour suivre l'évolution de l'ensemble vers les tassilis du N du Hoggar. Une bonne coupe peut être observée dans la région d'Adrar dans le Jebel Heïran, à l'W d'Adrar (de bas en haut) :

- la série débute toujours par des conglomérats et des grès grossiers à stratification entrecroisée.

sur ces premiers niveaux, viennent des grès quartzites (les niveaux à Tigillites, connus dans ces grès en plusieurs points du Touat, ne semblent pas exister au Jebel Heïran).

puis nous trouvons un ensemble schisto-gréseux, avec : à la base, des grès schisteux, micacés, verdâtres par dessus, et des grès argileux avec plusieurs horizons quartzitiques.

la série se termine par des grès et des quartzites.

L'épaisseur de cet ensemble ne semble pas dépasser 500 mètres. Nous arrivons maintenant dans une région de plateforme très stable et nous allons retrouver ces séries, avec des faciès et des épaisseurs très voisins sur tout le N du Hoggar.

Une deuxième coupe intéressante s'observe au *SE d'Aïn ech Chebbi* sur le flanc W de l'Adrar Tilkatine (région du Bled el Mass).

- à la base, toujours des grès grossiers et des grès quartzites.

puis des grès schisteux, avec des passages de grès plus ou moins ferrugineux, rougeâtres.

nous retrouvons à nouveau la dalle à Lingules qui couronne le Cambrien, cette dalle se trouve recouverte par des grès à stratification entrecroisée, avec des niveaux à Tigillites. On y a trouvé récemment un *Asaphus* de l'Arenig.

- l'ensemble se termine par des argiles plus ou moins gréseuses, verdâtres.

L'épaisseur de l'ensemble avoisine 600 mètres.

3) LES TASSILIS DU N DU HOGGAR : AHNET ET MOUYDIR.

Le Cambro-Ordovicien forme tous les Tassilis internes. Il présente de nombreuses variations de détail. Cependant, les deux coupes suivantes donnent un bon aperçu de ces séries :

OUEST DE L'AHNET : COUPE DE OUALLEN :

- à la base, viennent des grès quartzitiques grossiers, débutant par un petit conglomérat à galets de quartz.

- puis, des grès souvent silicifiés avec Tigillites.

- des grès plus ou moins argileux.

- la série se termine par des grès grossiers, quartzitiques, à stratification entrecroisée.

LIMITE AHNET-MOUYDIR : COUPE DE TADJMOUT :

- à la base, toujours les mêmes grès grossiers à stratification entrecroisée, débutant par un conglomérat à galets de quartz.

- puis, reposant en discordance sur les niveaux précédents viennent des grès à Tigillites.
- des grès plus ou moins grossiers et des argiles gréseuses verdâtres.
- enfin la série se termine par des grès grossiers, ferrugineux, microconglomératiques.

Entre ces deux coupes, qui se révèlent les plus complètes, les séries cambro-ordoviciennes montrent souvent d'importantes réductions. De grands massifs cristallins sont restés émergés pendant une grande partie de la sédimentation, comme dans le S du Tassili d'Edikel et vers le Mouydir, dans le Tassili de Takoumbaret. Du fait du recouvrement progressif des massifs cristallins, il est difficile de rattacher à un niveau précis des séries ci-dessus les grès peu épais qui recouvrent par endroits ce cristallin.

Dès maintenant cependant, les faits suivants semblent bien établis :

- les « *Grès de base* » pourraient correspondre aux séries semicontinentales attribuables à un *Cambrien s.l.*
- les « *séries à Tigillites* » correspondraient à un *Ordovicien inférieur* (toutes les faunes découvertes dans ces grès plus à l'ouest — Asaphidés, *Dichograptus* ou *Didymograptus* — étant de l'Arenig).
- les « *séries terminales* », qui peuvent ne pas être de même âge suivant les régions, correspondraient à un *Ordovicien supérieur* (Caradoc ?) ou à la base du *Gothlandien* (Llandovery inférieur ?).

CHAPITRE VI

LE GOTHLANDIEN

Au Tassili n'Ajjer comme dans toute la partie N du Sahara central, de l'Ahnet au Fezzan, et, plus au S, jusqu'au-delà du Tropique du Cancer, le Gothlandien se trouve représenté par les classiques « argiles à Graptolites ». Succédant brusquement aux immenses épandages détritiques du Cambro-Ordovicien, cette épaisse série argileuse, dans laquelle s'intercalent, principalement à la partie supérieure, des ensembles gréseux, a recouvert la plus grande partie de la Plateforme saharienne, témoignant d'une des plus importantes invasions qu'ait subies, avec celle du Carbonifère, le domaine africain.

Cependant, les faciès du Gothlandien changent en direction du Sahara oriental. Dans la partie SE du Tassili n'Ajjer, vers le Djado, le S du Fezzan et les contreforts du Tibesti, les « argiles à Graptolites » se réduisent de plus en plus et font place à des grès semi-continentaux.

HISTORIQUE.

C'est au Tassili n'Ajjer que le Silurien a été, pour la première fois, mis en évidence en Afrique. C'est, en effet, sur des échantillons recueillis par M. FOUREAU lors de sa grande mission transsaharienne (fragments de schistes argileux provenant de la base de la falaise du Tindesset, recueillis le 18 décembre 1898) que MUNIER-CHALMAS devait reconnaître la présence de Graptolites, déterminés ensuite, après la mort de ce dernier, par E. HAUG comme des *Climacograptus*, probablement gothlandiens.

A la même époque, G.-B.-M. FLAMAND signalait l'existence du Gothlandien un peu plus à l'W, dans la région de Hassi El Khenig, dans le Mouydir, d'après des plaquettes gréseuses et argileuses montrant des empreintes de Graptolites (notamment *Petalograptus palmeus* et *Climacograptus aff. innotatus* du Llandovery) ramenées par le Capitaine COTTENEST de sa reconnaissance à travers les Tassilis du N et l'Ahaggar, en 1902.

En 1923, C. KILIAN, traversant la partie occidentale du Tassili n'Ajjer, entre le Tindesset et la région d'Amguid, à la hauteur de l'oued Tassiot, retrouvait ces formations gothlandiennes et montrait leur intercalation entre les grès du Tindesset, déjà reconnus d'âge dévonien, et ceux des Tassilis internes. Etendant ses premières observations au cours de sa mission de 1927-1929, C. KILIAN signale l'extension du Gothlandien sur toute la bordure orientale du pays Ajjer, du N de Ghat jusqu'à In Ezzan.

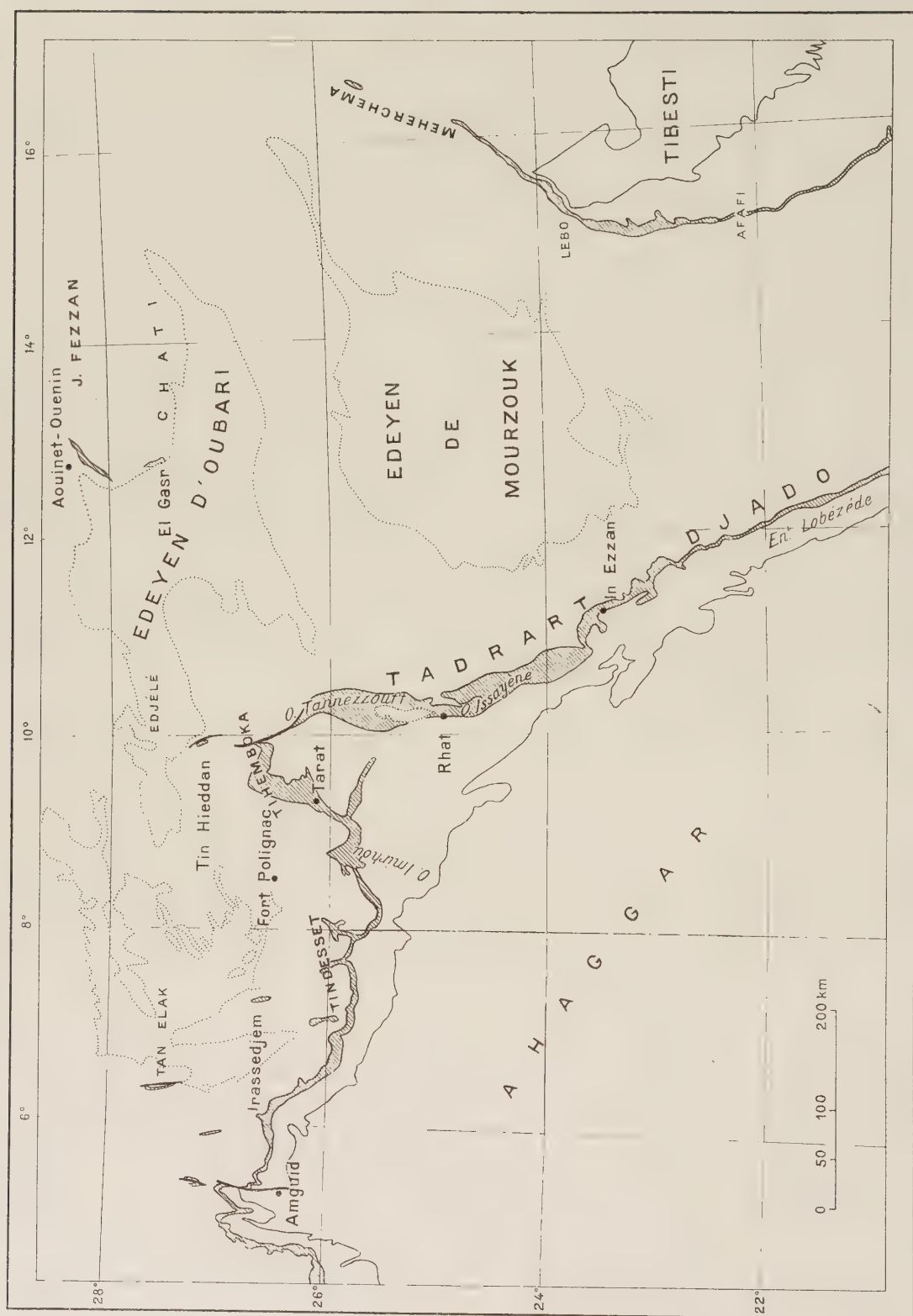


Fig. 9. — Carte des affluents du Gothlandien.

Les affleurements gothlandiens

1) LE TASSILI N'AJJER.

Les formations gothlandiennes, avec leurs argiles, sont à l'origine de la grande dépression qui sépare les tassilis internes des tassilis externes, le « *sillon intra-tassilien* » de C. KILIAN. On les suit ainsi à travers tout le Tassili n'Ajjer, depuis la région d'Amguid jusqu'à celle de Tarat, au pied de la grande falaise, plus ou moins découpée et festonnée, qui borde, vers le S, les Tassilis de Tassiot, d'Atafaït-Afa, du Tamelrik, du Tindesset, du Fadnoun et du Tanguet. On les retrouve même quelquefois au cœur de ces tassilis, mis à jour au fond des profondes gorges qui ravinent les « Grès supérieurs » (c'est le cas de l'oued Samene, de l'oued Amarakou, de l'oued Tadguert et de l'oued Tadgueradgueri).

Au N-NE de Tarat, le Gothlandien s'étale en un large monoclinal à plongement W, et vient disparaître sous les séries carbonifères, au S de Anou Sougued. Plus à l'E, au N du Tihemboka, on n'en retrouve que la partie inférieure, formant de nombreuses petites terrasses et recouvert par la transgression carbonifère.

Au SE du Tassili n'Ajjer, le Gothlandien forme une longue et étroite bande, de direction subméridienne, nouveau « *sillon intra-tassilien* » allant de Takioumet jusqu'au delà d'In Ezzan, au pied des hauts reliefs du Tadrart (Adrar Aouis, Adrar Akakous, Adrar Tazaït, Tin Er Rada, Adrar Kazar, etc.). Cette dépression, empruntée par de grands oueds (o. Tanez-zouft, o. Issayen), se trouve jalonnée par de nombreux petits ergs, surtout au N de Rhat.

En dehors de ces zones d'affleurements, les formations gothlandiennes peuvent réapparaître en plein « pays prétassilien », à la faveur de certains anticlinaux :

— à l'W de Fort-de-Polignac, dans la partie centrale des anticlinaux faillés d'Irassedjem et de l'Adrar Essaoui Mellen, ainsi qu'à l'Edjélé Tan Elak.

— vers l'E, à la hauteur de la frontière libyenne, au cœur de la petite structure d'Amas-ralad et du grand anticlinal de Tin Hieddan (dans toute cette dorsale de la frontière libyenne, le Gothlandien, érodé à sa partie supérieure, se trouve recouvert directement par le Carbonifère).

Plus au N, en plein bassin carbonifère, il a été retrouvé en profondeur par plusieurs forages pétroliers, notamment ceux de l'Edjélé Tan In Azaoua, de Tiguentourine, de Zar-zaïtine, d'Ihansatène, d'Assekhaïfaf, de Tin Essameid, de Daïa, du Couloir, etc.

2) LE FEZZAN.

Le Gothlandien n'apparaît qu'à la bordure occidentale du grand massif du Jebel Fezzan :

— à une trentaine de kilomètres à l'W d'Edri, dans le prolongement du Chati, dans la région de Bir el Gasr et de Bir Sehil (découvert par M. LELUBRE en 1944),

— au SE d'Aouinet-Ouenin, sous forme d'une mince bande sensiblement subméridienne, d'une trentaine de kilomètres environ, recouvert en écharpe par les grès du Dévonien supérieur (des Graptolites ont été découverts dans ces argiles par J.-Ph. LEFRANC et J. GABUS en 1956).

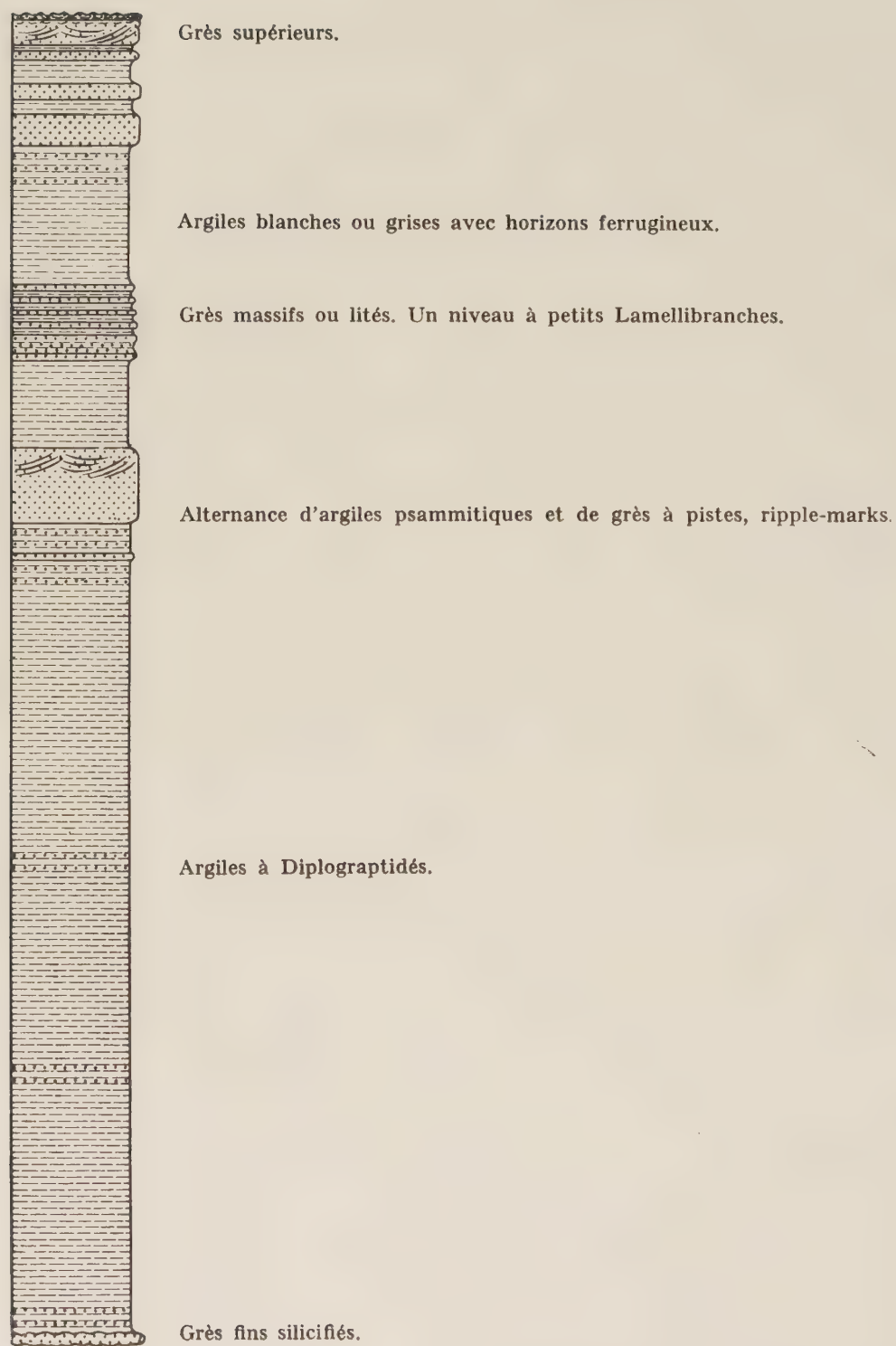


Fig.10. Log des séries gothlandiennes de la partie centrale du Tassili n'Ajjer (col d'Izéraouène) S du Fadnoun.

Vers le SE, le Gothlandien semble absent à travers la plus grande partie du Fezzan oriental ; les grès à *Harlania* affleurant au N du Chati, et que j'avais attribués avec doute, au Gothlandien, doivent se rattacher aux séries cambro-ordoviciennes, comme ceux du Djado. Seule, dans le S du Meherchema, une mince série d'argilites et de grès blanchâtres et violacés, intercalée entre les grès à *Harlania* et les grès à bois du Carbonifère, représente très vraisemblablement le Gothlandien.

3) LE S DU BASSIN.

Vers l'W, on retrouve toujours les formations gothlandiennes au Sud d'In Ezzan, où elles déterminent toujours un petit « sillon intra-tassilien ». Elles se suivent ainsi, après Our Itourage jusqu'à la hauteur de Djado (Enneri Lobézédé) où ont été trouvés les derniers graptolites. Plus à l'E, elles disparaissent sous les ensembles mésozoïques de la région de Séguédine et de Bilma pour ne réapparaître qu'en bordure du Tibesti. On peut alors les suivre de nouveau vers le N, en direction du Fezzan, avec des faciès de plus en plus continentaux.

Description stratigraphique

1) LE TASSILI N'AJJER.

Comme dans tout le reste du Sahara, le Gothlandien se caractérise ici, par la grande constance de ses faciès, les coupes se retrouvant presque identiques sur plus de 500 km. On a ainsi (fig. 10) :

1) *A la base, la série des « argiles à Diplograptidés »* : Elle forme les deux tiers inférieurs du Gothlandien ; elle est constituée par des argiles litées, quelquefois schisteuses, souvent micacées, gris-blanchâtre à l'affleurement, plus sombres, souvent brun-noirâtre en profondeur. De nombreux lits ferrugineux (hématite), épais de quelques centimètres, rouge-violacé, viennent s'intercaler au milieu. L'oxyde de fer de ces niveaux a quelquefois migré dans les argiles sous-jacentes, donnant ainsi des ensembles bariolés rouges ou violacés. Quelques cristaux de pyrite, presque toujours altérés en surface, sont à l'origine de l'alun abondant dans les affleurements gothlandiens. On observe quelquefois, dès la base, de minces passées de grès fins, presque toujours silicifiés.

Toutes les argiles étudiées se sont révélées formées essentiellement de kaolinite et d'illite, en quantités à peu près égales. Les plaquettes hexagonales, toujours très petites, sont mal formées, faciès qui se retrouve toujours dans les dépôts de milieux de sédimentation agités et marins (A. OBERLIN et J.-M. FREULON 1952).

La faune de ces niveaux est relativement riche en individus, mais pauvre en espèces ; on retrouve d'ailleurs les mêmes associations à travers tout le Tassili n'Ajjer. Il n'est pas possible de distinguer plusieurs zones stratigraphiques dans tout cet ensemble argileux. On peut noter :

Mesograptus modestus Lapw. (zones 16 à 18),

Glyptograptus persculptus Salter (zones 15 à 17),

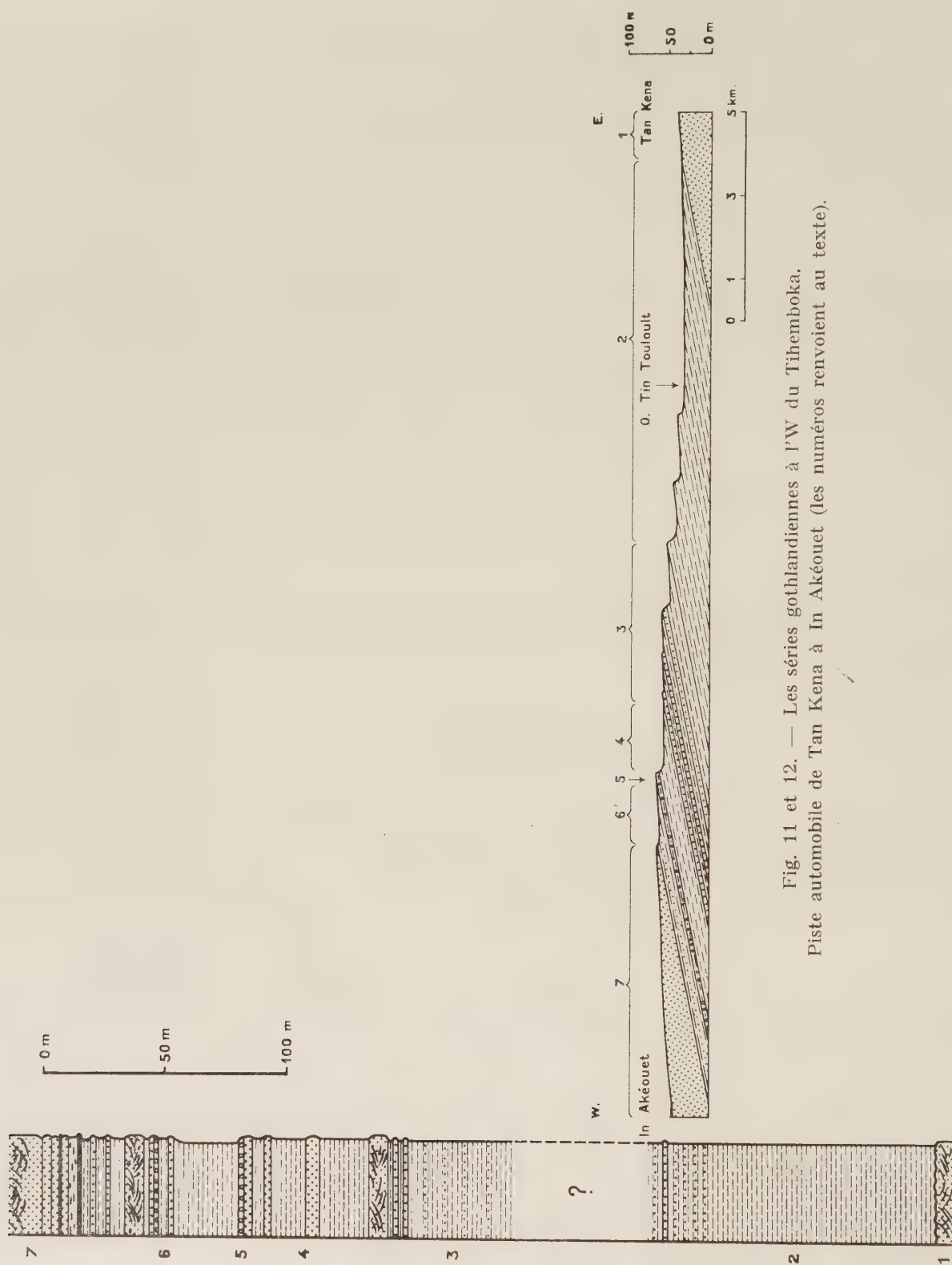


Fig. 11 et 12. — Les séries gothlandiennes à l'W du Tihemboka.
Piste automobile de Tan Kena à In Akéouet (les numéros renvoient au texte).

Climacograptus medius Törnq. (zones 16 à 19),

Climacograptus scalaris Hisinger (zones 19 à 22),

Rastrites sp.

Monograptus sp. (dont plusieurs exemplaires très voisins de *M. priodon*) ainsi que :

Avicula sp.

de nombreux Orthocères

et des fragments de Gigantotrachés.

Comme C. KILIAN l'avait déjà noté, la présence de cette faune, notamment de *Mesograptus modestus* et de *Glyptograptus persculptus* indique l'existence des zones 17, 18 et 19, c'est-à-dire Llandovery moyen.

2) Les « argiles à Diplograptidés » se terminent par des alternances d'argiles verdâtres ou grisâtres, plus ou moins psammitiques et de grès fins en dalles à la surface desquelles s'observent de nombreuses traces et pistes diverses, des ripple-marks, etc. Il s'y intercale souvent des niveaux ferrugineux. C'est le faciès habituel de la « zone de passage » du Gothlandien au Dévonien inférieur, terme utilisé par les géologues travaillant dans le Sahara septentrional, principalement les géologues pétroliers, pour désigner la partie supérieure du Gothlandien, envahie progressivement par les détritiques. En réalité, cette « zone de passage » est caractéristique d'un faciès, et l'on verra que dans l'E du Tassili n'Ajjer, ce niveau se trouve encore surmonté probablement par un Ludlow marin.

3) Un banc de grès massifs, se subdivisant quelquefois en plusieurs horizons secondaires, couronne cet ensemble. On y observe par endroits (S du Tindesset, S du Fadnoun), un niveau à moules internes de petits Lamellibranches.

4) Dans la partie centrale du pays Ajjer, du Tindesset au Fadnoun, un niveau d'argiles blanches ou grises, avec quelques horizons ferrugineux, s'intercale entre les niveaux précédents et les « Grès supérieurs ». Je n'y ai pas trouvé de fossiles, en dehors de quelques Lamellibranches indéterminables.

Ce n'est qu'au sommet de ce dernier niveau que nous ferons débiter — arbitrairement, mais cette limite s'est révélée un bon repère cartographique — les « Grès supérieurs », de la base du Dévonien.

On a vu que le Gothlandien s'étalait, vers l'E, en un large monoclin. Une coupe complète et particulièrement intéressante peut ainsi s'étudier le long de la piste automobile qui relie Rhat et Serdelès à Fort-de-Polignac, en passant par Tan-Kena et Anou In Akéouet. On a ainsi (fig. 11 et 12) :

1. Grès cambro-ordoviciens.

2. Reposant sur la partie supérieure de ces grès, la série des « argiles à Diplograptidés » : argiles gris-blanchâtre, avec passages violacés ; ces argiles, feuilletées, renferment de nombreux horizons hématitiques et montrent, dans leur partie supérieure, des petits bancs de grès fins, silicifiés.

3. Elles se terminent par des alternances de grès fins, micacés et d'argiles verdâtres, quelquefois gypseuses.

4. Des argiles gréseuses vertes avec intercalations de petites plaquettes de grès fins micacés ; à la surface de celles-ci, quelques empreintes de Monograptidés (*Monograptus ex. gr. dubius* et *Monograptus cf. nilssoni*, des zones 30-34).

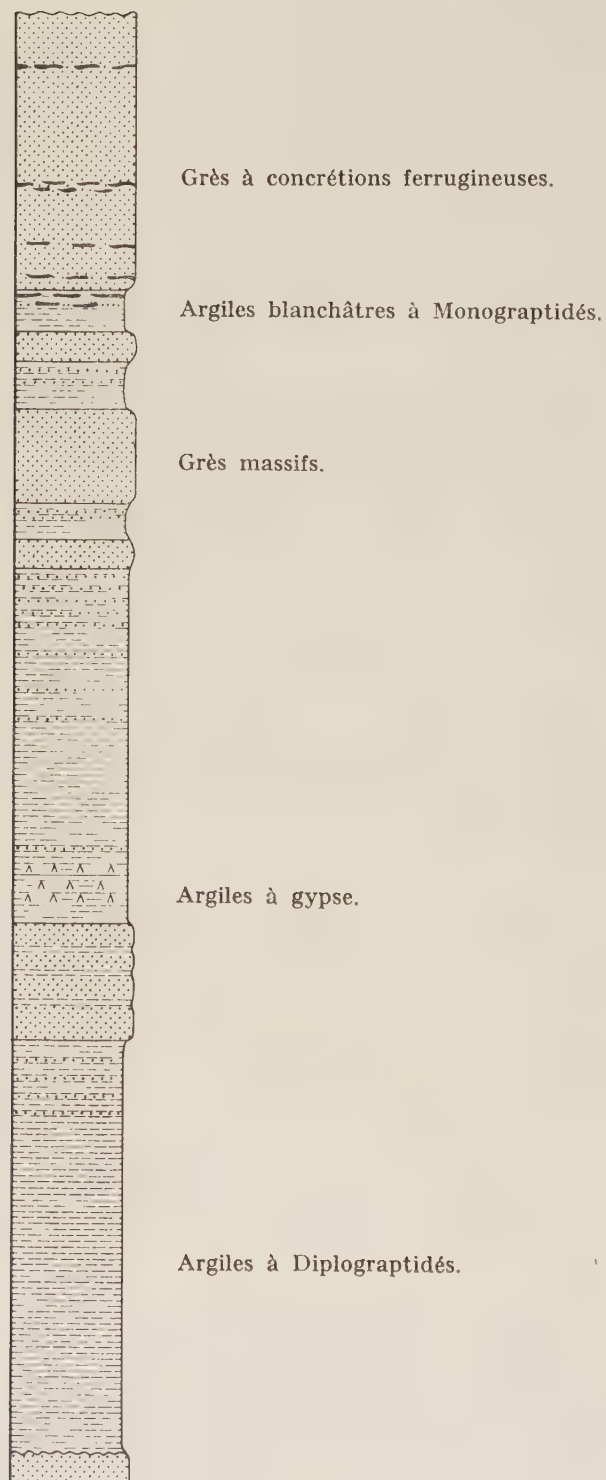


Fig. 13. Log des séries gothlandiennes de l'oued Tanazzouft à l'E de Rhat.

5. Ce dernier niveau argileux est surmonté par un petit conglomérat intraformationnel, à petits galets de grès, de schistes ferrugineux, d'argiles, etc.

6. « Zone de passage », avec alternances de grès fins, en bancs massifs ou en minces plaquettes, à ripple-marks et pistes diverses, et argiles vertes.

7. « Grès supérieurs », grossiers, plus fins vers la base.

1) LE GOTHLANDIEN DE LA BORDURE ORIENTALE DU TASSILI N'AJJER :

Le Gothlandien de la bordure orientale du Tassili n'Ajjer, au pied du Tadrart, dans la région des oueds Tanezzouft, Issayène, In Djeran..., montre des séries analogues, avec déjà, cependant, d'importantes variations de faciès. On a ainsi (fig. 13) :

1) A la base, toujours la série des « argiles à *Diplograptidés* », particulièrement bien représentée au N de Rhat. Les argiles, plus ou moins schisteuses, d'un gris variant suivant le degré de l'oxydation, passant quelquefois à de véritables « schistes cartons », presque toujours alunifères, riches en niveaux ferrugineux donnant des horizons rouges ou violacés, sont toujours formées par un mélange d'illite et de kaolinite.

Les niveaux argileux sont très riches en Graptolites :

Climacograptus scalaris Hisinger (zones 19 à 22),

Climacograptus medius Törnq. (zones 16 à 19),

Climacograptus libycus Desio (récoltes Desio de 1935),

Mesograptus modestus Lapw. (zones 16 à 18),

Monograptus sp.

Rastrites sp.

En outre, il faut citer :

Calymene cf. *blumenbachii* (cité par DESIO),

Ampyx sp. (cité par DESIO),

des fragments d'Asaphidés,

de grands Orthocères non déterminés,

quelques Lamellibranches : *Nucula* sp., *Avicula* sp., etc.

Cette faune caractérise, là aussi, le Llandovery, plus probablement Llandovery moyen et supérieur.

De minces niveaux gréseux s'intercalent dans ces argiles, mais ils ne prennent une certaine importance qu'au S de Rhat. Ce sont, en général, des grès fins, souvent silicifiés ; la surface de chaque dalle montre souvent des ripple-marks, des « rill-marks », ainsi que de nombreuses pistes. On y retrouve également assez fréquemment des empreintes de Graptolites. A partir de Takharkhour, les dalles de grès, de plus en plus fréquentes, déterminent de nombreuses petites cuestas secondaires, notamment dans le S de l'Oued Arrikine et à la hauteur de l'oued In Djeran. Entre Arrikine et Tin Er Rada, on note l'apparition de grès plus ou moins argileux, verdâtres, avec phénomènes de « slumping » et de calcaires souvent très gréseux, gris-bleuté ou ocre, toujours azoïques.

2) Les argiles précédentes sont surmontées par une série d'argiles à gypse, argiles vertes ou rouges ; le gypse, très abondant à la hauteur de Rhat, forme alors de véritables

mailles et donne à l'ensemble un faciès qui rappelle beaucoup celui des argiles du Continental intercalaire du Djoua. Ce niveau, qui apparaît à la hauteur de la montée d'Aouis, disparaît vers Takharkhourî et fait place à des argiles verdâtres alternant avec des grès fins. On y rencontre quelques petits Lamellibranches.

3) Puis, comme au Tassili n'Ajjer, apparaissent de gros bancs de *grès massifs* quelquefois à stratification entrecroisée. Ceux-ci sont surmontés par un niveau d'argiles blanchâtres massives, qui renferme des Monograptidés :

Monograptus ex.gr. *dubius* Suess (zones 27 à 34),

Monograptus nilsoni Barrande (zones 32-33).

Cet horizon semble analogue à celui que nous avons trouvé à l'W de Tan-Kena. Il représenterait, soit le Ludlow inférieur, soit encore, peut-être, le Wenlock supérieur. Au S de Rhat, les argiles font place à des grès rougeâtres, micacés, ferrugineux, puis à des grès verdâtres, mais j'ai retrouvé et suivi le même niveau à Monograptidés jusqu'à la hauteur de Tin Er Rada, au N d'In Ezzan. Au S de l'oued Arrikin, on remarque, à ce niveau, de minces petits conglomérats à galets de grès, d'argiles ou de schistes, et qui représenteraient de simples conglomérats de remaniement sur place.

4) La série gothlandienne se termine par un ensemble de grès plus ou moins grossiers, souvent ferrugineux alternant avec des argiles verdâtres, riches en concrétions ferrugineuses. C'est l'équivalent de la « zone de passage ». Il faut noter cependant, notamment à Serdelès à la hauteur de Rhat, l'abondance extraordinaire de ces niveaux en pistes et Problematica de toutes natures avec réapparition des *Harlania* qui se trouvent dans certains horizons que l'on suit sur des dizaines de kilomètres.

De nombreux bancs ferrugineux (formés d'hématite ou de goethite), rares en général à la partie supérieure du Gothlandien, apparaissent ici dans toute cette zone de passage.

Les grès massifs à *Harlania* qui forment les falaises verticales de l'Adrar Aouis, de l'Akakous et du Tazaït, semblent représenter l'équivalent des « Grès supérieurs ». La base de ces grès servira de limite supérieure pour cartographier le Gothlandien.

2) LE N DU PAYS AJJER : LES ANTICLINAUX DES PAYS PRÉTASSILIENS :

Nous avons vu que le Gothlandien réapparaissait en plein pays prétassilien dans les grands anticlinaux subméridiens du N du Tassili.

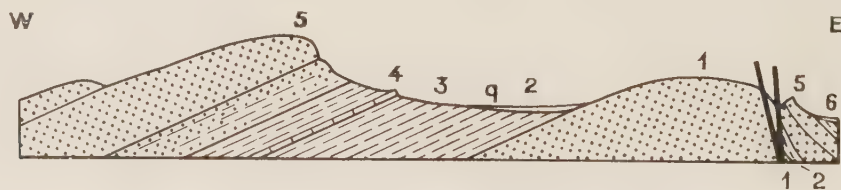


Fig. 14. — Coupe de l'anticlinal de l'Edjélé Tan Elak.

1. Grès cambro-ordoviciens. — 2. Argiles gris-bleuté. — 3. Argiles sableuses à traces et ripple-marks. — 4. Dalle calcaire à *Novalmia*. — 5. Grès grossiers ocre. — 6. Grès et argiles rouges du Carbonifère.
q. Quaternaire.

L'Edjélé Tan Elak montre ainsi la coupe suivante (fig. 14 et 15) :

1. Grès quartzitiques formant la partie supérieure du Cambro-Ordovicien.
2. Argiles schisteuses, gris bleuté, recouvertes le plus souvent par des alluvions ; c'est le faciès habituel des schistes à graptolites, mais je n'ai pu en récolter à ce niveau.
3. Argiles sableuses, verdâtres, avec intercalation de plaquettes de grès fins, tendres, micacés avec traces diverses et ripple-marks.
4. Dans la partie supérieure de la série précédente, s'observe une mince dalle calcaire à *Novalmia* (de 0,2 m), véritable lumachelle à *Orthitidés*, *Tentaculites*. De tels niveaux à Ptéropodes sont fréquents à la partie supérieure du Gothlandien (Ludlow moyen ?) dans le Sahara septentrional.
5. L'ensemble est recouvert par des grès grossiers, ocre-rouge, mal cimentés, analogues aux « Grès supérieurs » de la région d'Amguid.

Adrar Tin Touraouin et Adrar Essaoui Mellen :

L'anticlinal de l'Adrar Essaoui Mellen laisse apparaître la partie supérieure des schistes à Graptolites, mais la seule coupe complète du Gothlandien est celle d'Irasedjem ; on y observe la coupe suivante (fig. 16) :

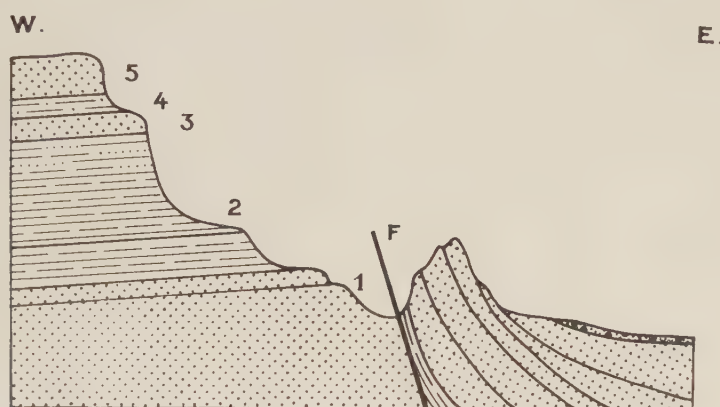


Fig. 16. — Coupe de l'anticlinal d'Irasedjem.

1. Cambro-Ordovicien. — 2. Argiles à Graptolites. — 3. Grès.
4. Argiles sableuses vertes. — 5. « Grès supérieurs ».

1 et 2. Reposant directement sur les grès cambro-ordoviciens, une épaisse série de schistes argileux constitue toute la base de la série ; ces schistes, gris-blanchâtres à l'affleurement, sont plus sombres, riches en matières organiques dans les zones non altérées. Ils semblent assez pauvres en restes d'organismes : mauvaises empreintes de *Climacograptus*, non déterminables spécifiquement ; des grès apparaissent à leur partie supérieure.

3. Une grosse dalle de grès massifs, fins à moyens, s'intercale dans le haut de la série.

4. Nouvelle passée d'argiles vertes, plus ou moins sableuses.

5. « Grès supérieurs » de l'Adrar Tin Touraouin.



Fig. 15. — Log des séries gothlandiennes de l'Edjélé Tan Elak (Echelle 1/2.000^e). (Voir texte et fig. 14).

3) ANTICLINAUX DE LA FRONTIÈRE LIBYENNE :

Au N-NE du Tihemboka, sur la dorsale de la frontière libyenne, on voit réapparaître le Gothlandien directement sous le Carbonifère, dans la partie centrale de plusieurs anticlinaux (Amasralad, Tin-Hieddan). D'une manière générale, il semble avoir été partout profondément érodé et seule la partie inférieure apparaît : argile schisteuse grise ayant fourni quelques Monograptidés (*Monograptus ex.gr. lobiferus*).

4) LE N DU BASSIN :

Si le Gothlandien a été retrouvé sous le Carbonifère ou sous le Dévonien par la plupart des forages pétroliers, souvent érodé avant la transgression dinantienne ou frasnienne notamment dans l'axe de l'Edjélé, on possède très peu de détails sur ses faciès.

2) LE FEZZAN.

Dans la région de Bir el Gasr- Sehil, les schistes argileux qui apparaissent sous les grès dévoniens montrent des Monograptidés (*Monograptus cf. priodon* et *Monograptus lobiferus* Mc. Coy) des *Climacograptus* indéterminables et de nombreux *Rastrites*, et semblent correspondre au Llandovery des Tassilis.

Plus au N, à l'W de El Hassi, les séries gothlandiennes, peu épaisses du fait d'une très importante érosion anté-frasnienne, montrent les mêmes faciès.

3) LE GOTHLANDIEN DU S DU PAYS AJJER ET DU DJADO.

On a vu, dans la région d'In Ezzan, les formations gothlandiennes, représentées plus au N par les argiles à Graptolites, devenir de plus en plus détritiques tout en se réduisant rapidement d'épaisseur. On a ainsi pu conclure à la disparition du Gothlandien au S d'In Ezzan, au moins sous ses faciès habituels. En réalité, cette réduction n'est que locale, le Gothlandien se développant à nouveau plus au S, les « argiles à Graptolites » ayant été retrouvées maintenant jusqu'à la hauteur de Djado, dans l'enneri Lobézédé (HUBAULT, 1956).

Comme ailleurs, en pays tassilien, les affleurements argileux de Gothlandien ont déterminé un « sillon intratassilien », assez peu accentué toutefois, et qui se suit au S d'In Ezzan par Our-Itourage, la région d'Ahoh et de l'Adrar Maoud jusqu'à l'enneri Lobézédé.

De In Ezzan à l'enneri Lobézédé, le Gothlandien montre la succession suivante :

1) *A la base, une série argileuse* : argiles à gypse, vertes, lie-de-vin ou bariolées, argiles plus ou moins gréseuses, verdâtres et psammites argileuses, micacées, ocre-brun. Il s'y intercale souvent de minces lits de grès fins, souvent à ripple-marks, ainsi que quelques minces lentilles calcaires. C'est sur des plaquettes gréseuses qu'ont été trouvées les quelques empreintes connues de *Climacograptus* et de *Monograptus* (N de l'enneri Lobézédé).

A la hauteur de Roui Mousselim, la partie supérieure de la série argileuse renferme de nombreuses miches calcaires riches en Orthocères et en Gastéropodes non déterminés.



2) La série précédente se termine généralement par un ensemble de psammites avec de grandes lentilles de grès, plus ou moins fins, souvent friables, avec des stratifications entrecroisées.

Ce niveau a été étudié en détail, à la hauteur d'In Ezzan, par P. BELLAIR (1953). J'y ai découvert, en ce dernier point, de très nombreux moules internes de Lamellibranches, proches des *Grammysia*.

3) Des bancs de grès ocres, souvent à stratification entrecroisée, avec lentilles ferrugineuses à *Harlania*, couronnent ces psammites. Quelquefois massifs, passant à des dalles de quartzites, ces grès ne sont pas continus et renferment parfois d'épaisses lentilles psammitiques ou argileuses.

Le schéma suivant donne un aperçu de l'évolution de ces séries gothlandiennes depuis In Ezzan jusqu'à Djado (fig. 17).

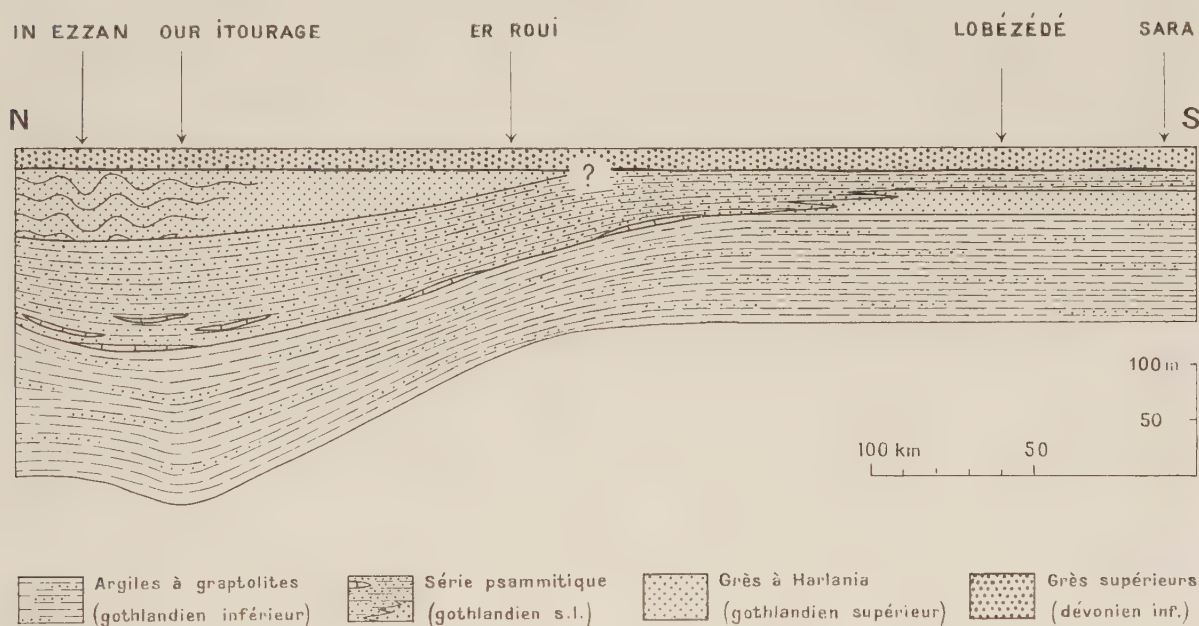


Fig. 17. — Évolution des séries gothlandiennes au S des Ajjer depuis In Ezzan jusqu'au Djado.

Esquisse paléogéographique

Si la paléogéographie du Gothlandien semble avoir été relativement peu complexe, elle reste encore assez imprécise (carte n° 3 h. t.). Nous avons vu qu'une immense transgression a recouvert tout le domaine saharien dès le Llandovery moyen (voir carte paléogéographique), débordant probablement vers le S, jusqu'en Guinée. Vers l'E, dans notre domaine, la mer devait s'étendre sur tout le Tassili n'Ajjer et sur une grande partie du Fezzan, au moins jusqu'à une ligne allant du Jebel Fezzan au Meherchema. Il est impossible de savoir si elle continuait vers le NE, en direction de la Méditerranée actuelle, du fait, en particulier,

des recouvrements postérieurs et de l'importance des érosions liées aux mouvements calédoniens. Cependant, l'évolution des faciès dans le N de Tin Hieddan à la bordure occidentale des Gargafs laisse penser que le Bassin Ajjer pouvait fort bien se raccorder au domaine mésogéen par le sud tunisien.

Si les limites de la transgression du Llandovery se fixent assez bien, il est par contre assez difficile de retracer l'évolution de la paléogéographie jusqu'au sommet du Gothlandien, en l'absence de niveaux datés. En effet, nous avons vu que seul l'horizon du Ludlow inférieur à *Monograptus nilssoni* et *Monograptus dubius* avait pu être caractérisé. Entre la base à Diplograptidés et ce niveau, c'est-à-dire sur l'équivalent du Tarannon et du Wenlock, s'intercalent des argiles schisteuses azoïques et des grès littoraux à traces. Le changement de faciès, apparition des grès et, dans la région de Rhat, d'argiles à gypse, témoigne d'une tendance générale à la régression, avec diminution des profondeurs et peut-être lacune partielle. Un retour de la mer, ou au moins un arrêt de la régression se marque avec le niveau à *Monograptus*, correspondant d'ailleurs à la transgression gothlandienne dans le S du Sahara occidental, datée du Wenlock supérieur ou du Ludlow (Adrar Mauritanien...). La fin du Gothlandien voit s'établir un régime franchement littoral, avec d'immenses plages¹ couvertes de pistes et de traces de toute nature. C'est à ce moment que réapparaissent, vers le SE, les *Harlania*, caractérisant à nouveau une province orientale.

LA MER A GRAPTOLITES.

Les conditions de dépôt de ces argiles et schistes à Graptolites sont toujours très mal connues. Les caractères de ces sédiments : argiles (kaolinite et illite) riches en très fines particules de silice, toujours noirâtres en profondeur, mais, contrairement à l'opinion courante, assez pauvres en matières organiques, avec de la pyrite toujours présente, alternant avec de minces passées de grès fins, quartzifiés, ainsi que la faune (Graptolites pélagiques, Lamellibranches et rares Trilobites) évoquent des vases formées en milieu anaérobie, avec arrivées intermittentes de détritiques très fins. On pourrait parler de « *sédiments littoraux formés loin du rivage* », formule apparemment paradoxale mais qui correspond cependant à la fois aux faciès de dépôt et aux conditions paléogéographiques qui régnaient à l'époque.

LA RÉGRESSION DE LA FIN DU GOTHLANDIEN.

Elle se marque, vers le SE des Tassilis externes du Pays Ajjer et au Fezzan, par l'apparition de grès assez grossiers, souvent à ciment ferrugineux, à stratification entrecroisée ; on y observe de nombreuses pistes et *Problematica* de toute nature, notamment des *Harlania*. En plus, existent dans le Tadrart central, à l'E de Rhat, dans des « Grès à *Harlania* », des empreintes de Gigantotrachés (Euryptéridés et *Pterygotus*) connus généralement dans des faciès lagunaires ou deltaïques².

1. Si l'on peut parler de plage pour des surfaces littorales s'étendant sur plusieurs centaines de kilomètres, aussi bien en largeur qu'en profondeur.

2. Nous ne disposons malheureusement d'aucune faune pour dater ces formations qui pourraient représenter l'équivalent du Downtonien de la Chaîne calédonienne ; elles seront étudiées plus loin, dans le cadre des séries dévonienues du Tadrart.

Dans le même temps, une reprise des mouvements calédoniens (correspondant à la phase ardennaise) amenait l'émersion de vastes régions (notamment au Fezzan, à l'E d'une ligne allant de Aouinet-Ouenin au S du Fezzan, jusque dans le N du massif d'Afafi) dont l'érosion alimentera les puissantes séries du Dévonien inférieur du Pays Ajjer.

Comparaisons et corrélations

Si nous dressons un tableau des différentes formations gothlandiennes de la Plateforme saharienne, nous nous apercevons que les séries du Sahara central se présentent, comme pour l'Ordovicien, comme les plus réduites et les plus pauvres en organismes de tout le domaine nord-africain.

Tandis que les Chaînes d'Ougarta montrent des formations — déjà de caractère épi-continental cependant — puissantes de plusieurs milliers de mètres, avec un Llandovery, un Tarannon, un Wenlock et un Ludlow bien caractérisés par des faunes de Graptolites, un peu plus à l'E et au S, dans le Gourara, le Touat, l'Ahnet et l'Azzel Matti, les séries diminuent déjà fortement d'épaisseur et prennent le faciès classique des schistes à Graptolites des Tassilis du N de l'Ahaggar. Tandis que le Llandovery moyen (le niveau de base) reste toujours bien caractérisé, le Tarannon et le Wenlock ne seraient plus représentés que par des formations virtuellement azoïques. Par contre, au Ludlow, nous retrouvons souvent, surtout dans le N de cette province, le niveau à *Scyphocrinus elegans* (caractérisant le Ludlow moyen) qui disparaîtra complètement plus à l'E, associé à des lumachelles à Ptéropodes.

CHAPITRE VII

LE DÉVONIEN

La fin du Gothlandien est marquée, on l'a vu, par un ensemble de mouvements sensiblement homologues de ceux de la phase ardennaise, rarement violents, mais se traduisant par l'émersion de plusieurs régions du domaine saharien. De puissantes arrivées détritiques envahissent alors les séries sédimentaires. Au cours du Dévonien, ensuite, les conditions paléogéographiques vont cependant varier rapidement et les rythmes sédimentaires se diversifier ; on aura ainsi un cycle sédimentaire classique, avec :

— une transgression siégénienne-emsienne, avec sédimentation gréseuse, puis gréso-argileuse.

— une sédimentation argilo-gréseuse, puis l'apparition des premiers calcaires pendant l'Eifélien.

— régression possible vers la fin de l'Eifélien et lacune probable d'une partie du Givétien.

Enfin à la fin du cycle, les premiers mouvements hercyniens se traduisent par une nouvelle régression et le retour des apports détritiques.

La fin du Dévonien semble marquée par une émersion généralisée, du Tassili n'Ajjer au Fezzan.

Plusieurs provinces s'individualisent nettement dès le début du Dévonien, et l'on peut distinguer :

— la Province Ajjer, comprenant le Dévonien du N du Tassili n'Ajjer, de la dorsale d'Amguid à la frontière libyenne,

— la Province fezzanaise, comprenant le Dévonien du N du Fezzan, à l'W et au S du massif du Jebel Fezzan,

— le Tadrart, comprenant le Dévonien de la bordure E du Tassili n'Ajjer, de Serdelès à In Ezzan.

— enfin, les confins Ajjer-Tebbou, comprenant le Dévonien des provinces méridionales : plateau du Djado au SW, Meherchema, extrême-sud du Fezzan et premiers contreforts du Tibesti au SE.

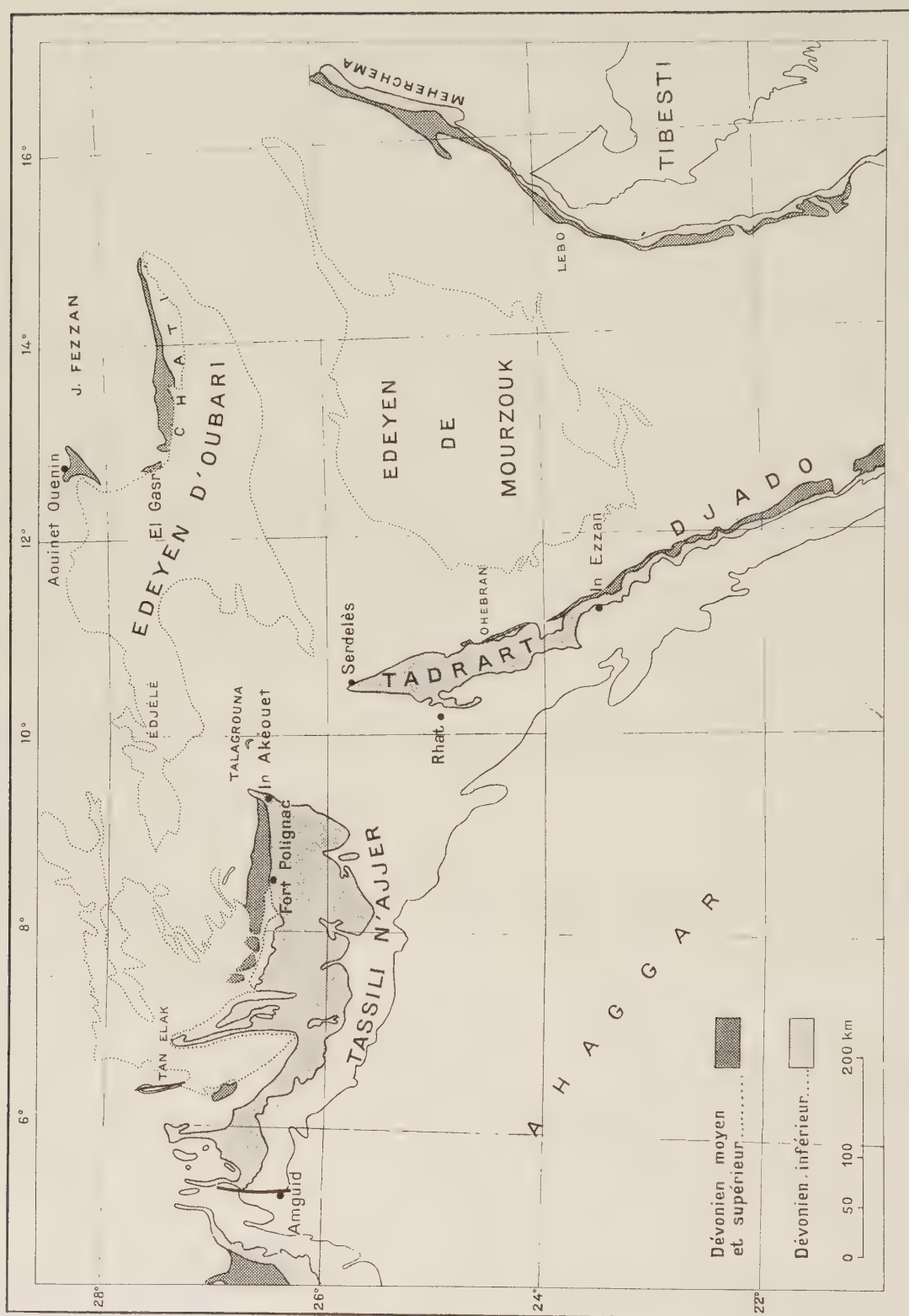


Fig. 18. — Carte des affleurements du Dévonien dans l'E du Sahara central.

Description stratigraphique

I. Le N du Tassili N'Ajjer

HISTORIQUE.

Dès 1859, l'interprète BOU-DERBA découvrait, au S de Fort-Flatters, des grès à *Spirifer*, d'âge dévonien probable. Peu après, H. DUVEYRIER signalait la présence de Dévonien à Serdelès, se basant sur la présence de *Spirifer ostiolatus*, déterminé par de VERNEUIL ; malheureusement, ces *Spirifer* devaient se révéler être des *Syringothyris* dinantiens.

Un peu plus tard, l'ingénieur ROCHE, au cours de la première mission FLATTERS, reconnaissait la grande extension du Dévonien dans le N du pays Ajjer et ramenait les premières faunes intéressantes, déterminées par DOUVILLE.

Cependant, les premières études systématiques du Dévonien de ces régions sont dues à F. FOUREAU, le matériel ramené par ce dernier étant étudié par E. HAUG, qui signale notamment, la présence de Dévonien inférieur.

Depuis, aucune étude importante n'avait été entreprise jusqu'à ces dernières années.

1) LE DÉVONIEN INFÉRIEUR.

a) LES « GRÈS SUPÉRIEURS ». Je conserve le terme de « grès supérieurs » pour la puissante assise gréseuse comprise entre le Gothlandien s.l., et les premiers niveaux datés du Dévonien inférieur. Cette assise constitue les Tassilis externes.

LES AFFLEUREMENTS :

Les « Grès supérieurs » forment tous les Tassilis externes des Ajjer, depuis la région d'Amguid jusqu'à celle de Tarat : Tassilis de Tassiot et de Tahiaout vers l'W, Tassilis du Tindesset, du Tamelrik, du Fadnoun et du Tanguet vers l'E.

Ces Tassilis se présentent comme de grands plateaux, véritables « causses » gréseux, souvent déchiquetés par l'érosion, profondément ravinés et traversés par de puissants oueds encaissés dans de longues et étroites gorges ; on peut citer en particulier les magnifiques canyons creusés par les oueds Imirhou, Tadjerdjeri, Samène.

Les « Grès supérieurs » constituent également la couverture des grands anticlinaux de l'Adrar Tin Touraouin, de l'Adrar Tahinaouin et de l'Adrar Essaoui Mellen, ainsi que, plus au N, le petit dôme de la Khanfoussa. On les retrouve enfin, plus réduit, à l'Edjélé Tan Elak. Ils disparaissent par contre vers l'E, sur l'emplacement du môle du Tihemboka.

FACIÈS :

La série est formée par un ensemble de grès clairs, fins à moyens, souvent en bancs massifs. Les quartz, de 0,1 à 1,5 mm, avec un maximum de fréquence autour de 0,2 mm, sont généralement anguleux ou subanguleux. Les phénomènes de nourrissage secondaires sont très fréquents, les quartz sont corrodés et les grains à facettes et les quartz bipyramidés très nombreux. Les grès sont souvent mal cimentés, mais il se pourrait que cela soit dû à

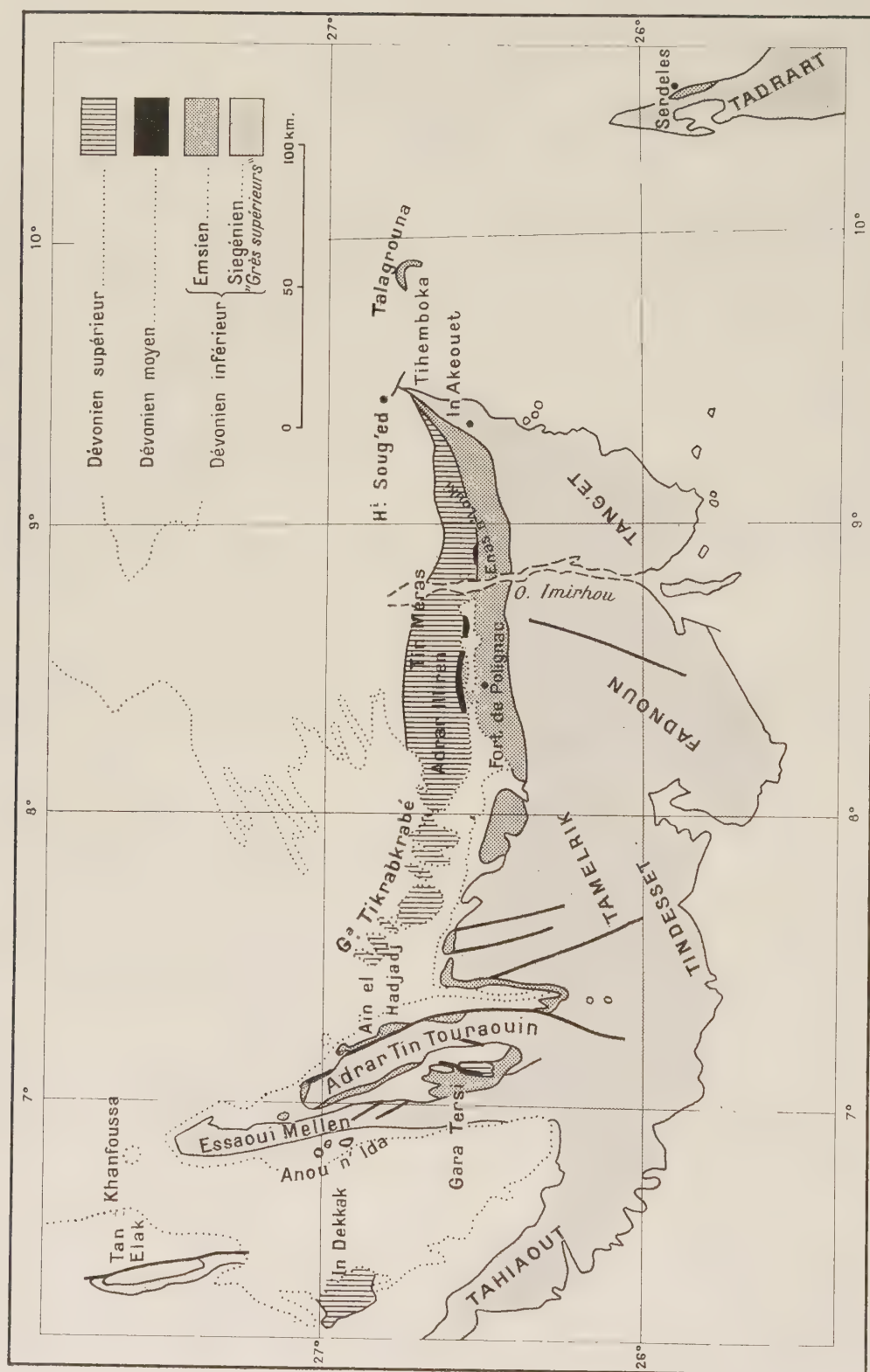


Fig. 19. — Carte du Dévonien du Tassili n'Ajjer.

une évolution particulière des sédiments en surface. Une rapide étude pétrographique, malheureusement effectuée sur trop peu d'échantillons, semble montrer l'existence de plusieurs horizons caractérisés par l'arrivée de détritiques plus grossiers, avec des quartz anguleux de grande taille et un matériel particulièrement mal trié. En l'absence de profils sédimentologiques plus précis, on ne peut, toutefois, généraliser ces observations.

Vers la base, les grès sont souvent très grossiers, à ciment de kaolinite et plages ferrugineuses. Certains niveaux montrent alors de grandes lentilles de microconglomérats à galets d'argile. Plus haut, les grès sont un peu moins grossiers et il apparaît quelquefois des passages feldspathiques.

On observe fréquemment, à tous les niveaux, des stratifications entrecroisées (surtout du type tabulaire) ; les plongements des diverses strates évoquent l'existence de courants se dirigeant vers le N ou le NE.

Vers la base de la série, s'intercalent quelques lentilles de pélites ferrugineuses, avec de rares *Arthropycus* (*Harlania*). Mais, d'une manière générale, les traces d'animaux fousseurs, ou celles attribuées à des algues sont ici relativement rares.

Il faut noter l'apparition, vers le SE, dans le Fadnoun et le Tanguet, de grès plus grossiers, à ciment ferrugineux alternant avec des niveaux de pélites rouges. Ces niveaux annoncent le régime continental qui régnait alors un peu plus à l'E, vers le Tadrart.

PUISSANCE DE LA SÉRIE :

Les « Grès supérieurs » gardent une épaisseur à peu près constante, de l'ordre de 300 m, à travers toute la partie centrale du pays Ajjer. Il faut noter seulement un léger épaississement en direction de l'W, vers le Tindesset et l'Edjélé Tan Elak. Par contre, vers l'E, dans le Tanguet, et vers la bordure du Tihemboka, de Anou in Akéouet à Anou Sougued, les « Grès supérieurs » diminuent très rapidement d'épaisseur avant de disparaître totalement au S de ce dernier point.

b) *LE DÉVONIEN INFÉRIEUR ARGILO-GRÉSEUX- EMSIEN s.l.* Succédant brusquement aux séries azoïques des « Grès supérieurs », l'apparition d'un horizon riche en Brachiopodes emsiens a permis de parler d'une « transgression emsienne ». Si cette dernière formation semble, par endroits, ennoyer une vieille surface, nulle discordance (en dehors de phénomènes de stratification inclinée) ne se remarque, et il n'est pas possible de mettre en évidence une lacune à la base de l'Emsien.

De même, comme nous le verrons plus loin, il n'est pas possible de préciser une limite supérieure. J'ai arrêté l'Emsien à la première dalle calcaire, horizon qui semble correspondre aux niveaux calcaires du Dévonien moyen du Mouydir.

RÉGION DE FORT-POLIGNAC :

Les nombreuses petites buttes et falaises que forme la série argilo-gréseuse du Dévonien inférieur à l'E des Ighagharen permettent d'observer de bonnes coupes de cet ensemble. Celle décrite ci-dessous a été levée au S-SW de Fort-de-Polignac, de la petite gara de Souf-Mellen à Ti-n-Emeri.

On a ainsi (fig. 20) :

1) Reposant sur les derniers niveaux des « Grès supérieurs », des grès grossiers, souvent à ciment ferrugineux (avec des lentilles), de petits conglomérats ; ils ont fourni :

Hysterolites cf. *elegans* Stein.,

Tropidoleptus rhenanus var. *sahariana* Haug,

Stropheodonta (*Leptostrophia*) *oriskania* Clarke.

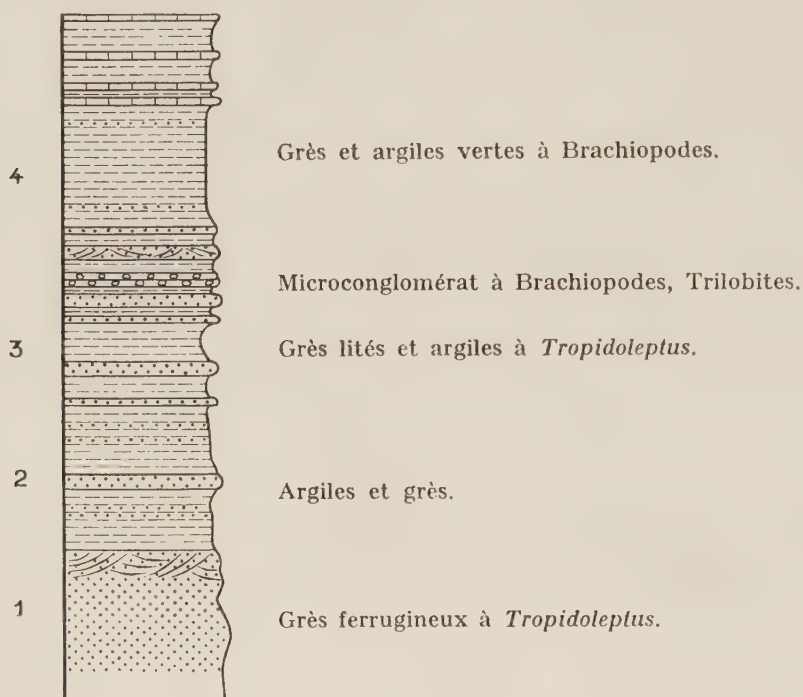


Fig. 20. — Log du Dévonien inférieur de la région de Fort-de-Polignac.

2) L'horizon suivant est essentiellement argilo-gréseux, avec quelques bancs de grès et des lentilles de micro-conglomérats.

3) Viennent ensuite d'autres grès, lités alternant avec quelques bancs argileux ; certains niveaux, très fossilifères, ont fourni :

Hysterolites cf. *hystericus* Schloth,

Spirifer cf. *rousseau* Rouault,

Acrospirifer ex.gr. *arduennensis* Schnur.,

Tropidoleptus rhenanus var. *sahariana* Haug,

Chonetes semiradiata Sow.

Chonetes cf. *plebeia* Schnur.,

Chonetes ex. gr. *sarcinulata* Sow.,

Tentaculites sp.,

Conularia sp.,

ainsi que des Orthotétinés et des Stropheodontidés non déterminables (en général, il est difficile de préciser les déterminations du fait de l'état de conservation).

Ces grès passent, à leur partie supérieure, à des micro-conglomérats avec de nombreux débris de Brachiopodes (*Spirifer*, *Tropidoleptus*, etc.) ainsi que des fragments de pygidium de Trilobites (*Homanolotus* Sp.), des articles d'Encrine, des plaques d'Arthrodiures, etc.).

4) Ils sont surmontés par des grès clairs, plus ou moins massifs, parfois à stratification entrecroisée, puis par des alternances de grès fins, en plaquettes et d'argiles vertes, plus ou moins gréseuses. Les plaquettes montrent souvent des empreintes de Brachiopodes... Ce sont ces niveaux qui affleurent notamment à la hauteur de Fort-de-Polignac.

C'est principalement dans la partie inférieure (niveaux 2 et 3) que se rencontrent les lentilles de conglomérats. Ce sont de petits conglomérats intraformationnels, avec galets ferrugineux et phosphatés. Ils font même place par endroits, à de véritables *bone-beds* avec plaques d'Arthrodiures.

ÉVOLUTION DE L'EMSIEN VERS L'E :

On peut encore suivre les formations emsiennes sur plusieurs dizaines de kilomètres vers l'E, jusqu'à la hauteur de In Akéouet. Après l'oued Isekhaïf, on les voit remonter vers le N pour disparaître sous le Carbonifère. Si leur épaisseur se réduit de plus en plus, leur faciès reste à peu près constant, seules les faunes paraissant se raréfier.

LE DÉVONIEN INFÉRIEUR ARGILO-GRÉSEUX A L'W DE FORT-DE-POLIGNAC : IGHARGHAREN ET OUED SAMÈNE.

Après avoir formé les petits plateaux du Menkhour, les formations emsiennes se retrouvent dans les terminaisons périclinales des plis-failles de l'oued Ehan, de l'oued Tidjérin et des oueds In-Zaouaten et Afen. A la base de la série, on remarque un niveau de grès grossiers avec de très nombreuses empreintes de *Spirifer* (*Acrospirifer ex. gr. arduennensis*) et de *Tropidoleptus*.

L'Emsien forme encore le petit synclinal de l'oued Samène. Au confluent de cet oued avec l'oued In-Amarhou, légèrement au NW de Anou In-Haggaren, de petites garas offrent la coupe suivante (fig. 21) :

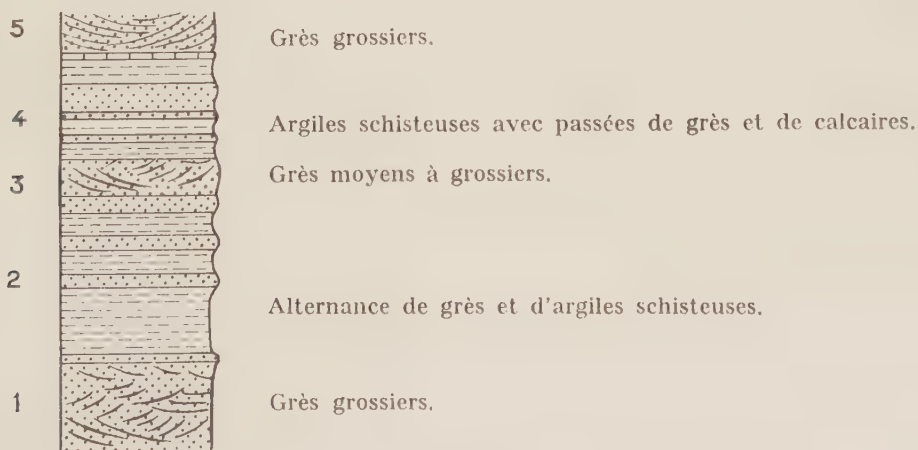


Fig. 21. — Log du Dévonien inférieur de l'oued Samène.

avec, sur les derniers de niveaux « grès supérieurs » :

1) Des grès plus ou moins grossiers, souvent lités, avec des ripple-marks, des tubulures verticales rappelant les Tigillites de l'Ordovicien, des *Arthropycus* (*Harlania*) et de nombreuses pistes et traces diverses.

2) Des argiles schisteuses grises recouvrent ces grès.

3) Elles sont surmontées elles-mêmes par des grès grossiers à stratification entrecroisée passant, à leur partie supérieure, à un niveau ferrugineux, conglomératique, avec de nombreux *Spirifer* (*Acrospirifer ex. gr. arduennensis* Schnur., *Acrospirifer cf. pellicoi* d'Arch. et Vern.) et des *Tropidoleptus*.

4) Puis arrive une nouvelle série d'argiles schisteuses grises et de grès en plaquettes, avec de minces passées de calcaires fins gris-vert ; les argiles ont fourni des empreintes de *Chonetes* et de *Tropidoleptus*, des *Tentaculites* ainsi que des pygidium de *Grypheus*.

5) Un banc de grès grossiers, avec de petits galets de quartz, à stratification entrecroisée, couronne la série.

Dans toute cette région, l'Emsien a une épaisseur d'une cinquantaine de mètres environ. La partie supérieure et le passage au Dévonien moyen sont masqués par les dunes de la partie S de l'Erg Issaouane.

RÉGION DE AIN EL HADJADJ, SYNCLINAL DE LA GARA TERSI ET FLANCS DE L'ADRAR TAHINAOUIN ET DE L'ADRAR ESSAOUI MELLEIN :

Les formations emsiennes s'étendent dans toute la zone synclinale comprise entre les anticlinaux coffrés de l'Adrar Tahinaouin et l'Adrar Essaoui Mellen ; elles constituent d'autre part, la couverture périclinale de l'anticlinal de l'Adrar Tahinaouin, au NW d'Aïn el Hadjadj et se retrouvent sous la forme de petits témoins isolés jusqu'à Anou Tabelbalet, ainsi que sur le flanc W de l'Adrar Essaoui Mellen (environs de Anou n'Ida).

Dans toutes ces régions, l'Emsien présente les mêmes faciès que précédemment : alternances de grès et d'argiles gréseuses, verdâtres, avec des lentilles de grès grossiers à stratification entrecroisée. A la base, on retrouve presque toujours des grès grossiers, passant localement à de petits conglomérats.

Au NW de Aïn El Hadjadj, un niveau de grès blanc, situé à la partie inférieure des séries emsiennes, renferme de très nombreuses empreintes de grands *Spirifer*, dont :

Acrospirifer arduennensis Schnur.,

Acrospirifer pellicoi d'Arch. et Vern.

Acrospirifer paradoxus Schloth.,

Hysterolesites cf. pseudospeciosus Schloth.

ANTICLINAL DU TAN ELAK :

Les séries argilo-gréseuses gothlandiennes qui affleurent dans la partie centrale de l'anticlinal sont recouvertes par des grès grossiers, à stratification entrecroisée. On y observe de nombreuses carapaces ferrugineuses, paléosols probables analogues à ceux du Tadrart. Ces grès représentent les « Grès supérieurs » des Tassilis. Puis, une cinquantaine de mètres au-dessus de ces niveaux, sur le flanc occidental de l'Edjélé Tan Elak, juste avant l'ennoyage de la structure par les alluvions de l'oued In Dekkak, apparaissent des grès plus fins, avec

quelques passages calcaires. Ils ont fourni en particulier *Athyris undata* DeFrance (levés C.R.E.P.S.) et représentent très probablement l'Emsien.

PÉTROGRAPHIE DES GRÈS EMSIENS :

Les grès emsiens se caractérisent par un faciès microconglomératique, avec une granulométrie très hétérogène : quartz allant en moyenne de 0,02 à 0,5 mm, mais atteignant quelquefois 1,5 mm. Les grains de grande taille sont souvent bien roulés, mais tous les autres présentent une morphologie très anguleuse. Outre les quartz, on observe des zircons, de la tourmaline, des paillettes de muscovite, etc. Les feldspaths sont assez abondants et on observe, dans plusieurs niveaux, d'assez nombreuses oolithes chloriteuses. Le ciment est généralement argileux avec de nombreuses plages d'oxyde de fer.

AGE DE CES SÉRIES ARGILO-GRÉSEUSES :

La plus grande partie de la faune est caractéristique de l'Emsien, avec notamment le groupe des *Acrospirifer* (*Acrosp. arduennensis*, *Acrosp. ex. gr. arduennensis*, *Acrospirifer pellicoi*) et les *Chonetes* (*Chonetes semiradis*). Si un certain nombre d'espèces caractéristiques du Siégénien subsistent, l'apparition d'espèces emsiennes permet d'attribuer ces niveaux déjà à l'Emsien. Les nombreux *Tropidoleptus* sont également classiques à l'Emsien, mais il faut noter qu'ils réapparaissent à l'Eifélien jusqu'au Givétien (LE MAÎTRE, 1952).

2) LE DÉVONIEN MOYEN.

Au-dessus des niveaux de grès massifs et d'argiles qui terminent les séries emsiennes de la partie centrale du Tassili n'Ajjer, se développe un ensemble d'argiles et de grès au sein duquel apparaissent, pour la première fois, des horizons calcaires. Au N même de Fort-de-Polignac, on observe plusieurs bancs calcaires (généralement de 4 à 6) bien individualisés (épais de 0,20 m à 1 m en moyenne) alternant avec des argiles. Ils sont bien visibles en particulier dans la dépression au pied du Tin Méras. On les suit plus à l'E, jusqu'au-delà de l'oued Imirhou, mais l'ensemble de ces niveaux se condense alors en un seul banc. Plus à l'E encore, le Dévonien moyen existe peut-être toujours, mais on ne peut le différencier des séries argilo-gréseuses de l'Emsien et de celles du Dévonien supérieur.

Vers l'W, par contre, on suit les niveaux calcaires jusqu'à la hauteur de l'Adrar Essaoui Mellen : ils réapparaissent dans la région d'Aïn El Hadjadj, dans les petits reliefs au N des Aït Hourène (les Gour Ghdamsia) et autour des Maratba, au milieu du synclinal de la Gara Tersi ainsi que plus au N, en direction de Tabelbalet, en petits témoins épars sur le reg.

LES CALCAIRES EIFÉLIENS :

Ce sont généralement des calcaires bleutés, brun-ocre ou violacés, fétides en cassure fraîche ; ils renferment souvent des quart bien roulés (de 0,05 à 0,2 mm) et montrent de grandes plages d'hématite rouge.

Ces calcaires montrent de nombreuses sections de Brachiopodes (Orthitidés, Rhynchonelles, Spirifers, etc.), de Gastéropodes et de Goniatites. Certains niveaux contiennent de très nombreux Ptéropodes (Styliolines et Tentaculites).

Jusqu'à ce jour, en l'absence d'espèces caractéristiques, je considérais ces calcaires comme les homologues des dernières dalles calcaires du Mouydir, bien datées, celles-ci, par de nombreuses *Goniatites* (*Tornoceras* et *Manticoceras*). L'évolution du Dévonien moyen à l'E de l'Idjérane et dans le Mouydir oriental rendait cette hypothèse très vraisemblable. La découverte récente, dans les calcaires des Aït Hourène et dans ceux du pied du Tin Méras, de *Pinacites jugleri* Roemer, espèce caractéristique de l'Eifélien supérieur à travers tout le Sahara et jusqu'en Europe (G. PETTER, 1959) permet de dater sans doute possible ces séries.

Par contre, le Givétien (principalement le Givétien inférieur, la partie supérieure de cet étage étant difficilement séparable, dans l'E du Sahara central, des premiers niveaux frasniens) ne peut encore être daté d'une façon certaine et une lacune de cet étage reste possible, au moins dans la partie orientale du Bassin Ajjer.

3) LE DÉVONIEN SUPÉRIEUR : FRASNIEN ET FAMENNIEN.

LES AFFLEUREMENTS :

Les séries du Dévonien supérieur forment la grande falaise de l'Adrar Illiren et du Tin Méras, au N de la plaine de Fort-de-Polignac (Fort-de-Polignac étant l'Illézy des Touareg Ajjer).

Ce relief peut être considéré comme l'homologue de la « côte prêtassilienne » de l'Ahnet et du Mouydir, sa corniche supérieure représentant l'équivalent de l'horizon du « *Khenig* » de ces mêmes régions (J. FOLLOT, 1952). Vers l'E, elle se réduit rapidement, laisse passer l'oued Imirhou, puis se résout en un ensemble de petits reliefs assez confus, que domine la petite méssa de l'Adrar Enas n'Louki. Au N de Anou In-Akéouet, les formations du Dévonien supérieur ont déjà disparu totalement sous les séries carbonifères.

Un peu plus à l'E, à la hauteur de la frontière libyenne, dans le périclinal N du Talagrouna, on retrouve, entre les premiers niveaux de la transgression tournaisienne et les schistes gothlandiens, quelques minces témoins de grès à *Spirifer* cf. *mesacostalis* du Frasnien.

D'autre part, à l'W de Fort-de-Polignac, la falaise de l'Adrar Illiren se poursuit jusqu'aux Gour Tikrabkrabé, plus ou moins recouverte par les premières dunes de l'Erg Issaouane. Le Dévonien supérieur se retrouve ensuite sur les flancs des grands anticlinaux de l'Adrar Tahinaouin et de l'Adrar Essaoui Mellen : il forme les petits témoins des Aït Hourène, le synclinal de la Gara Tersi et les petites buttes de la région de Anou Taoulaouel.

Plus à l'W encore, le Dévonien supérieur réapparaît sur la bordure occidentale de l'Erg Issaouane-n-Tifernine : il constitue les petits plateaux de la région de l'oued In-Dekkak. Malheureusement, toute la partie inférieure de la série est cachée sous les recouvrements quaternaires des grands oueds In-Dekkak et Tifernine.

LA SÉRIE STRATIGRAPHIQUE :

La coupe type du Dévonien supérieur peut s'étudier à la hauteur de Fort-de-Polignac, à travers les falaises de l'Adrar Illiren et du Tin Méras. Les grands reliefs monoclinaux de

la « côte préatassilienne » permettent un lever détaillé de ces formations. La coupe suivante passe approximativement par le méridien 8°25' Est (fig. 22) :

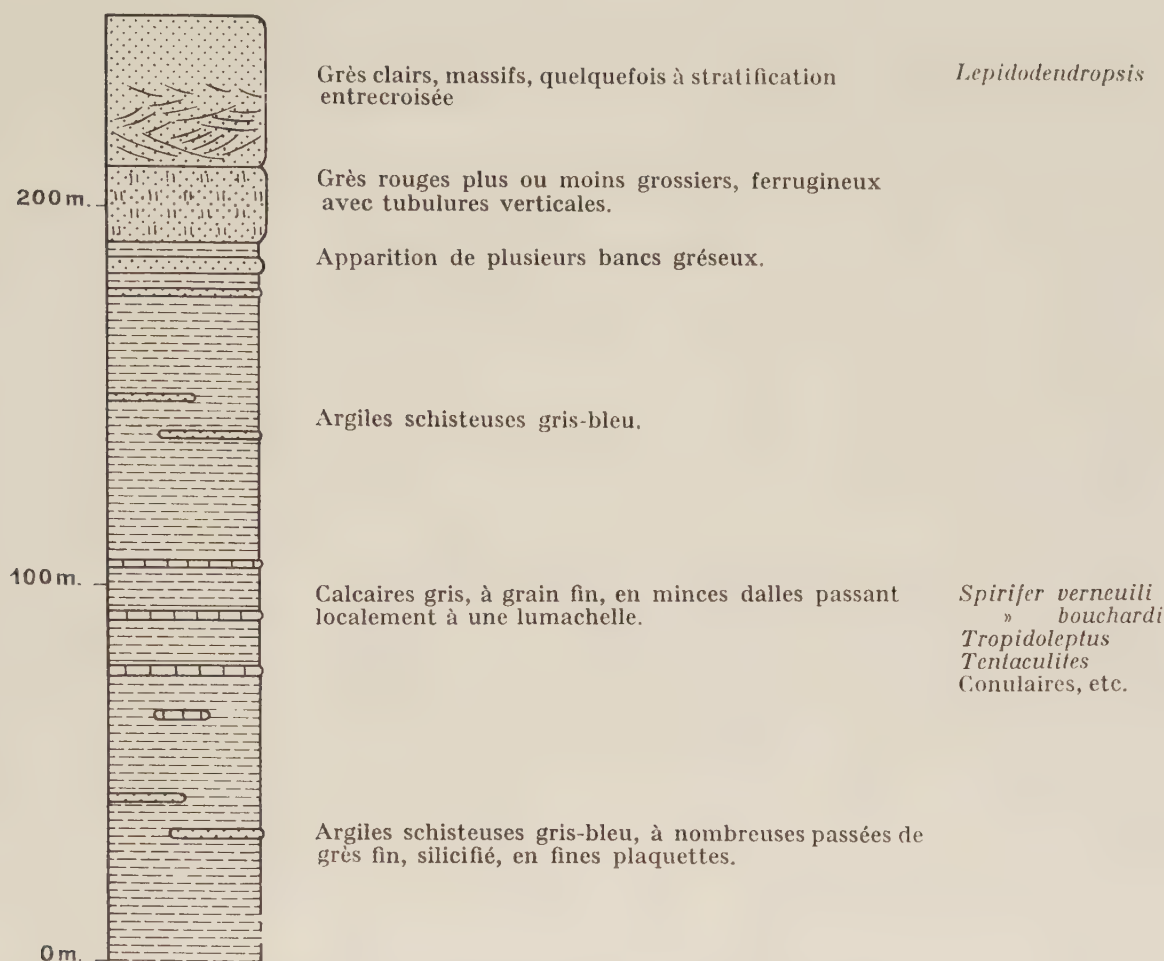


Fig. 22. — Log du Dévonien supérieur de l'Adrar Illiren.

1) A la base, les argiles schisteuses, gris-bleu, passent en profondeur à des argiles plus sombres, riches en matière organique ; par endroits elles prennent un véritable faciès de « schiste carton ». Il s'y intercale de nombreuses petites passées de grès fins, souvent silicifiés. La surface des plaquettes gréseuses est couverte de traces diverses, parmi lesquelles se remarquent de nombreux *Problematica* du type *Bifungites*, que l'on retrouve en abondance dans le Tournaisien du Fezzan, ainsi que des petits Lamellibranches, des Rhynchonelles, quelques Gastéropodes.

2) Au milieu des argiles, s'intercalent plusieurs bancs de lumachelles calcaires, d'allure souvent lenticulaires et peu épaisses (de 0,10 à 0,30 cm) : ce sont des calcaires plus ou moins

marneux, parfois bréchiques, très fossilifères. Les différents niveaux fournissent une faune identique avec notamment :

Microspirifer mesacostalis Hall,
Acrospirifer bouchardi Murchison,
Cyrtospirifer verneuili Murchison,
Spirifer cf. *apertusatus* Schloth,
Tropidoleptus carinatus Conrad,
Leptaena rhomboïdalis Wilckens,
Leiorhynchus sp.,
Rhipidomella michelini Lèveillé,
Orbiculoïda cf. *lodiensis* var. *media* Hall,
Chonetes sp.,
Conularia sp.,
Tentaculites sp.,
Bifungites ¹.

3) Les argiles passent progressivement à un ensemble de grès rouges, ferrugineux, épais de 20 à 30 m en moyenne, alternant avec des argiles plus ou moins sableuses, ocre, verdâtres ou brun-violacé. Les grès renferment plusieurs lits ferrugineux (hématite et goëthite), passant parfois à des brèches ferrugineuses.

Les niveaux gréseux montrent de nombreuses structures en « colonnettes » analogues aux structures décrites par J. FOLLOT (1952) dans les grès du sommet du Dévonien supérieur de l'Ahnet et du Mouydir sous le nom de « bourres de fusil ». Ce sont des tubes verticaux, de 1 à 1,5 cm de diamètre en moyenne, de quelques centimètres à quelques dizaines de centimètres de longueur, perforant les lits gréseux d'une manière parfaitement verticale ou dans d'autres cas, plus ou moins ondulés. On peut les considérer comme des terriers d'animaux fouisseurs, ou, dans un certain nombre de cas, comme des traces de racines enfoncées verticalement dans la vase. Ces horizons à « bourres de fusil » semblent caractéristiques de la partie supérieure du Dévonien dans tout le Sahara central : on les connaît maintenant dans ces niveaux depuis le Touat et l'Ahnet jusqu'au Fezzan (Chati).

4) Un ensemble de grès clairs, massifs, formant corniche, constitue la « côte pré-tas-silienne ». Ce sont des grès moyens à grossiers, souvent à stratification entrecroisée, avec quelquefois quelques petits passages conglomératiques à petits galets de quartz ou d'argiles. Les surfaces des dalles montrent souvent des ripple-marks et des traces de vers. A la partie supérieure, apparaissent des grès plus fins, souvent très bien cimentés. Dans presque toute la série, on retrouve les traces en « bourres de fusil » décrites précédemment, des traces de racines, et, épars dans la masse, des fragments de bois flottés, mal conservés (*Lepidodendropsis*), ainsi que quelques Rhynchonelles.

1. Il s'agit de traces problématiques, en forme de « micro-haltères » : un ou plusieurs bâtonnets de 1 à 3 mm de diamètre et de 10 à 40 mm de longueur, terminés par de petites sphères de quelques millimètres de diamètre (généralement une, mais parfois deux ou trois à l'extrémité de chaque bâtonnet) (Pl. V). Ces *Problematica* ont été décrits pour la première fois par A. DESIO (1940) dans le Dévonien supérieur d'Aouinet-Ouenin au Fezzan. Jusqu'à ce jour, ils semblent caractéristiques du Dévonien supérieur, principalement du Frasnien.

Cette coupe du Dévonien supérieur est la plus complète de toutes celles que l'on peut lever à l'E d'Amguid.

AGE DES SÉRIES DE L'ADRAR ILLIREN :

Comme on a pu le signaler déjà plusieurs fois, il est encore difficile de dater d'une façon précise les séries précédentes, en l'absence d'espèces caractéristiques. Seule, ici, la présence de *Goniatis* permettrait des corrélations avec les horizons classiques de la Saoura et de l'Europe.

Il est donc nécessaire d'utiliser les faunes de Brachiopodes ; malheureusement les espèces à répartition verticale limitée sont rares¹.

Acrospirifer bouchardi et *Mucrospirifer mesacostalis* semblent généralement localisés dans le Frasnien. *Cyrtospirifer verneuili* et *Spirifer aperturatus* débutent souvent dès la fin du Givétien pour traverser tout le Dévonien supérieur et ne disparaître qu'au Strunien, avec cependant, souvent un maximum de fréquence au cours du Frasnien. Par contre, les nombreux *Tropidoleptus carinatus* qui accompagnent les *Spirifer* ne dépassent pas le Frasnien. On peut donc attribuer très vraisemblablement au Frasnien la série argileuse de la partie inférieure de l'Adrar Illiren, comme les argiles frasniennes de l'Ahnet et du Mouydir (série de Meden Yahia de la C.R.E.P.S.).

De son côté, la série gréseuse du sommet (« Grès du Khenig ») devrait être attribuée au Famennien ; l'absence de faune nous interdit de préciser cette datation. Mais les corrélations que l'on peut tenter à travers tous les bassins primaires du Sahara central montrent que cette série gréseuse qui termine le cycle sédimentaire dévonien serait contemporaine des séries famenniennes de la Saoura, du Touat et du Gourara.

Enfin, comme nous le verrons lors de l'étude du Carbonifère, une lacune importante séparerait les derniers niveaux dévoniens de la base des séries carbonifères, d'âge tournaisien supérieur. Le sommet du Famennien, le Strunien et le Tournaisien inférieur seraient inconnus ici.

LE DÉVONIEN SUPÉRIEUR DANS L'W DU TASSILI N'AJJER, DE FORT-DE-POLIGNAC A AMGUID :

Le Dévonien supérieur de la région des Aït Hourène et du synclinal de la Gara Tersi est formé par des argiles schisteuses grises, avec passées gréseuses et calcaires, épaisses de 50 à 100 m environ, et surmontées par une série gréseuse avec de nombreuses intercalations argileuses et ferrugineuses. La limite avec le Dévonien moyen est difficile à préciser.

La figure suivante (fig. 23) nous donne un aperçu de cette série dévonienne de la Gara Tersi, très proche finalement des séries de l'Adrar Illiren.

Plus à l'W, en direction de Fort-Flatters, dans les petites gara près de Anou Taoulaouel (entre l'Adrar Essaoui Mellen et l'Erg Issaouane-n-Tifernine), on retrouve toujours, à la partie inférieure, recouvertes en partie par des alluvions récentes, les argiles schisteuses gris-bleu, avec de nombreuses passées de grès fins, en plaquettes, montrant quelques petites Rhynchonelles et de nombreux moules de Lamellibranches ; par endroits, apparaissent plusieurs

1. L'étude des Conodontes permettra, peut-être, de préciser un jour cette stratigraphie, comme de récentes études dans le Sahara occidental le laissent présager (M. LYS et B. SERRE, 1957).

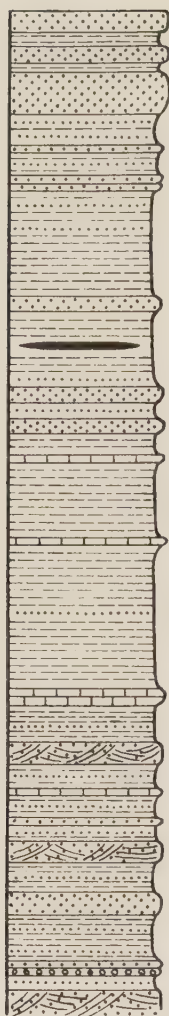


Fig. 23. — Log du Dévonien moyen et supérieur de la Gara Tersi.

niveaux ferrugineux, parfois conglomératiques, et de petits *bone-beds* avec des fragments d'Arthrodières.

Vers le haut de la série, ce sont des grès moyens et grossiers, feuilletés, à stratification entrecroisée, qui prédominent ; de minces horizons d'hématite alternant avec des silts et des grès fins montrent de petites Rhynchonelles, des bois flottés ferruginisés (*Lepidodendropsis*) et à nouveau, comme dans les horizons frasnien et famennien de l'Adrar Illiren, de nombreuses empreintes de *Bifungites*.

EVOLUTION DU DÉVONIEN SUPÉRIEUR A L'E DE FORT-DE-POLIGNAC :

Contrairement à ce qui se passe vers l'W en direction de la dorsale d'Amguid, vers l'E en direction du *môle du Tihemboka* le Dévonien supérieur se réduit en épaisseur et évolue rapidement vers des séries épicontinentales :

Les argiles de la partie inférieure disparaissent et, à quelques dizaines de kilomètres à l'E de l'oued Imirhou, le Dévonien supérieur devient presque entièrement gréseux. Dans le même temps, les horizons ferrugineux (carapaces ferrugineuses, ciment d'hématite ou de goethite, lentilles d'oolithes de goethite ou le plus souvent de chlorite, etc.) deviennent de plus en plus fréquents.

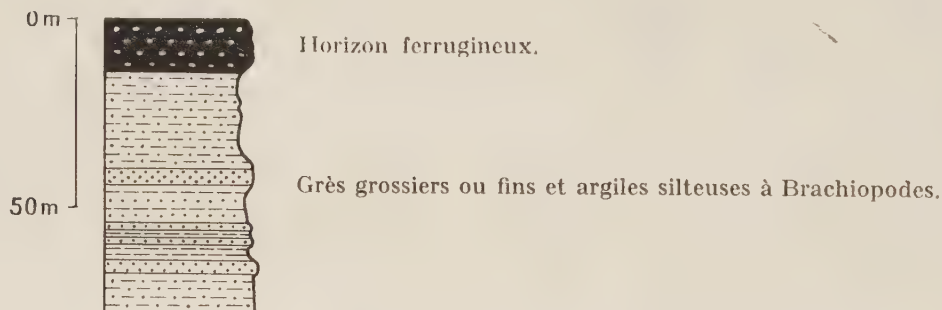


Fig. 24. — Log du Dévonien supérieur de la Gara Enas n'Louki.

Il en est ainsi dans l'Adrar Enas-n-Louki, à 60 km environ à l'E de Fort-de-Polignac (fig. 24).

Ce dernier relief est constitué par des grès souvent grossiers, alternant avec des grès fins, et des argiles silteuses. Un banc de grès situé dans la partie médiane, à environ 25 m sous la dalle sommitale montre de nombreux Brachiopodes : *Spirifer* (*Mucrospirifer mesacostalis*, *Cyrtospirifer verneuili*, *Acrospirifer bouchardi*, etc.), *Leiorhynchus* cf. *halli*, *Productella* sp., caractéristiques du Frasnien.

Les niveaux du sommet sont formés par une véritable hématite compacte passant à une roche formée essentiellement d'oolithes chloriteuses. Par endroits, cette hématite fait place à des grès à ciment ferrugineux ou à de véritables brèches. Un niveau supérieur qui

apparaît à quelques kilomètres au N de l'Adrar Enas n'Louki montre un banc d'oolithes hématitiques perforé par de nombreuses structures verticales analogues aux « bourres de fusil » de l'Adrar Illiren.

Il faut remarquer que les niveaux les plus inférieurs (argiles et silts du Frasnien ainsi que la zone de passage au Givétien) ne sont pas visibles, soit qu'ils soient déjà en grande partie disparus, soit qu'ils se trouvent recouverts par les alluvions des nombreux oueds de la région (oueds Atlaïtala et Isekha).

Enfin, plus à l'E, les formations du Dévonien supérieur se réduisent encore en épaisseur : au N-NW de In-Akéouet, soit vers le maader d'In-Ekaoui, soit en bordure de l'oued Tan-Amenokal, le Frasnien paraît représenté seulement par une dizaine de mètres de grès plus ou moins ferrugineux, avec quelques rares *Spirifer* et *Tentaculites*. Dans le même temps, la proximité du *môle du Tihemboka* se traduit par une orientation méridienne des affleurements. La transgression carbonifère recouvre en discordance nette l'ensemble des formations anté-Tournaisien supérieur.

L'esquisse géologique de la région d'In-Akéouet (fig. 25) montre bien la disparition des séries dévoniennes sous le Carbonifère.

LE DÉVONIEN DE LA FRONTIÈRE LIBYENNE :

Si aucune trace de Dévonien n'a été retrouvée au cœur des anticlinaux de la frontière libyenne (Amasralad et Tin-Hieddan), par contre, il semble bien qu'il existe encore quelques témoins de Dévonien supérieur sur la partie orientale du *môle du Tihemboka*, à la hauteur du Talagrouna. On observe en effet, dans le périclinal N d'In Habertène, reposant sur les argiles gothlandiennes et recouvertes par les premiers niveaux carbonifères, plusieurs lentilles de grès fins à moyens, à stratification entrecroisée, épaisses de 1 à 2 m en moyenne. De mauvaises empreintes de *Spirifer* difficilement déterminables spécifiquement, sinon identiques, du moins très voisines de certaines espèces frasnienues (*Mucrospirifer* cf. *mesacostalis*, *Mucrosp. mucronatus*, *Cyrtosp. verneuili*) associés à des *Leiorhynchus*, permettent de leur attribuer un âge frasnien. Ils représenteraient les premiers témoins de la transgression du Dévonien supérieur vers l'E, après la phase de régression, ou au moins de stagnation du Dévonien moyen.

VARIATION DE PUISSANCE DU DÉVONIEN SUPÉRIEUR :

A la hauteur de Fort-de-Polignac, le Dévonien supérieur atteint, dans la coupe de l'Adrar Illiren, une épaisseur de près de 250 m. Il semble que ce soit en cette partie centrale que le Dévonien supérieur montre les plus fortes épaisseurs en affleurements. Vers l'W, il semble diminuer très légèrement, oscillant entre 200 et 250 m dans la région de la Gara Tersi. Vers le centre du bassin de Fort-de-Polignac, les derniers forages montrent que la partie la plus puissante semble se développer suivant un axe NS situé approximativement entre les méridiens 7°30 et 8° E [au forage de Tin Tayart (Tty 1) le Dévonien supérieur atteindrait une épaisseur de plus de 450 m] tandis que les épaisseurs diminuent assez vite vers l'E et le SE : 330 m au forage de Couloir (Clir. 1) dans l'Erg d'Issaouane, 210 m au forage d'El Adeb Larache (Eal. 1), 230 m au forage d'Ihansatène (Ih. 1), et sensiblement 200 m au forage d'Assekhaïfaf (As. 1).

ESQUISSE GÉOLOGIQUE DE LA RÉGION D'IN AKÉOUET

ÉVOLUTION DES SÉRIES DÉVONIENNES

0 5 10 15 km

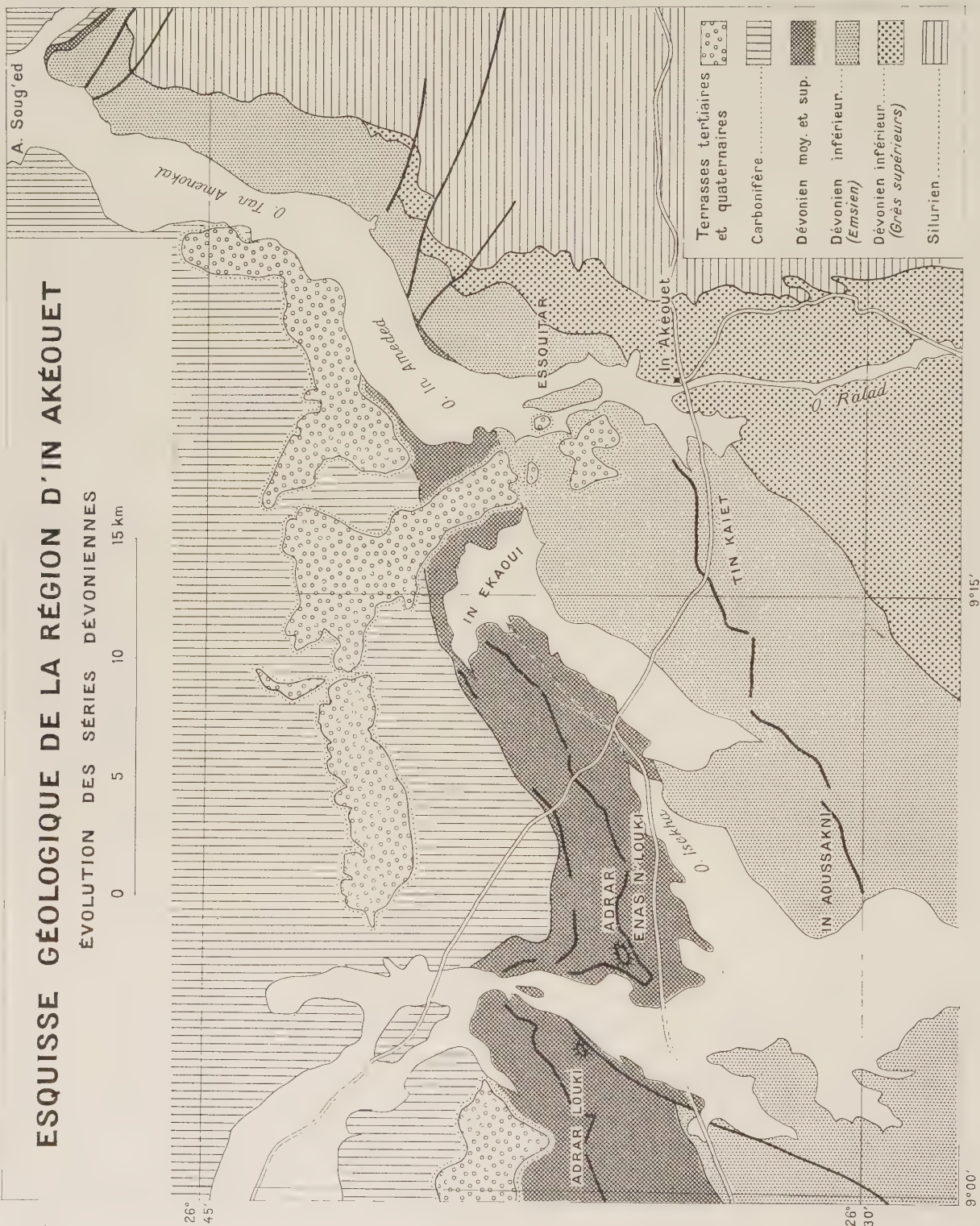


Fig. 25. Esquisse géologique de la région d'In Akéouet. Évolution des séries dévoniennes.

Dans la zone d'affleurements à l'E de Fort-de-Polignac, le Dévonien supérieur diminue en direction de l'E : de 250 m dans le Tin Méras, il se réduit à 150 à 200 m à la hauteur de l'oued Imirhou, et n'atteint plus que 70 m environ à 30 km de là, dans la Gara Enas-n-Louki. Sa diminution d'épaisseur est encore plus rapide ensuite, puisqu'il n'est probablement plus représenté entre In Akéouet et Anou Sougued que par une dizaine de mètres au maximum de grès ferrugineux compris entre le Dévonien inférieur argilo-gréseux et la transgression carbonifère.

Le schéma suivant (fig. 26) donne un aperçu de cette évolution d'W en E entre le môle d'Amguid et celui du Tihemboka. Je l'ai prolongé vers l'W, en direction du Mouydir, pour montrer le très rapide épaissement de ces séries à l'W de l'axe d'Amguid (en utilisant les travaux de J. FOLLOT (1952) et des mesures récentes de la C.R.E.P.S.).

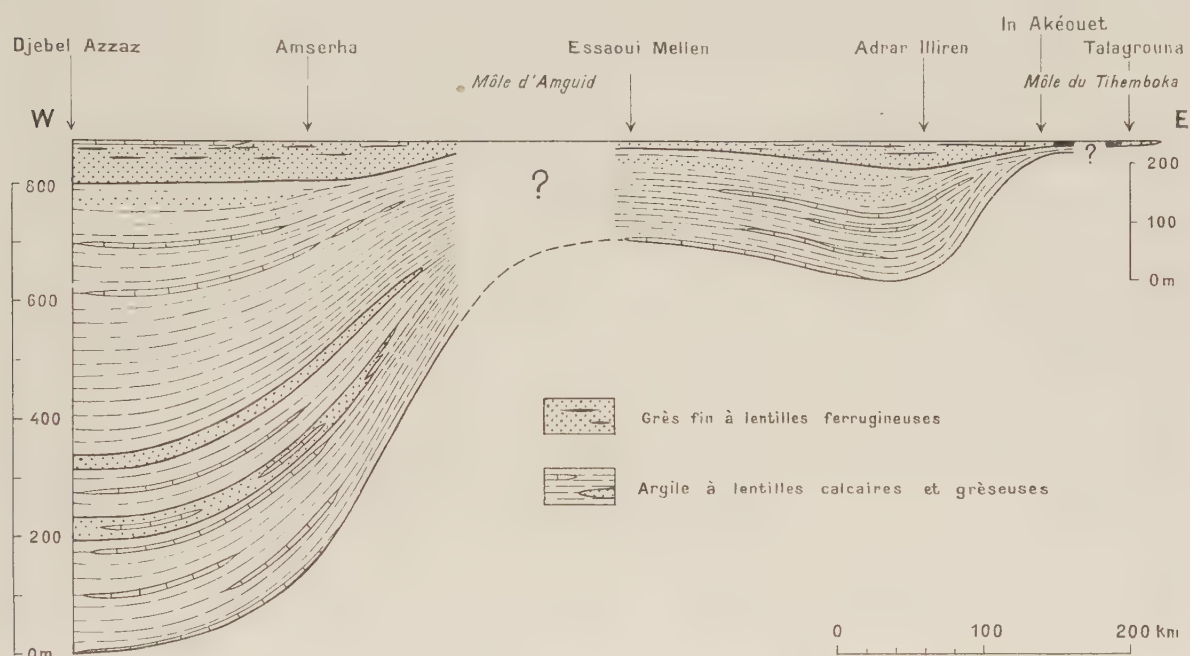


Fig. 26. — Évolution du Dévonien supérieur du Mouydir à la Libye.

Ce profil très schématique, se situe approximativement à la hauteur du parallèle 26°45' N. Il met en évidence une grande dorsale subméridienne, axée approximativement sur la région d'Amguid, et isolant le bassin de Fort-de-Polignac des grands bassins dévoniens de l'W (Ahnet et Mouydir). Cette dorsale semble responsable de l'isolement du bassin Ajjer à travers tout le Dévonien.

II. Le N du Fezzan

La carte suivante, figure 27, montre l'extension du Dévonien dans le N du Fezzan. On peut remarquer qu'il n'affleure qu'au S du grand massif cambro-ordovicien, ainsi que

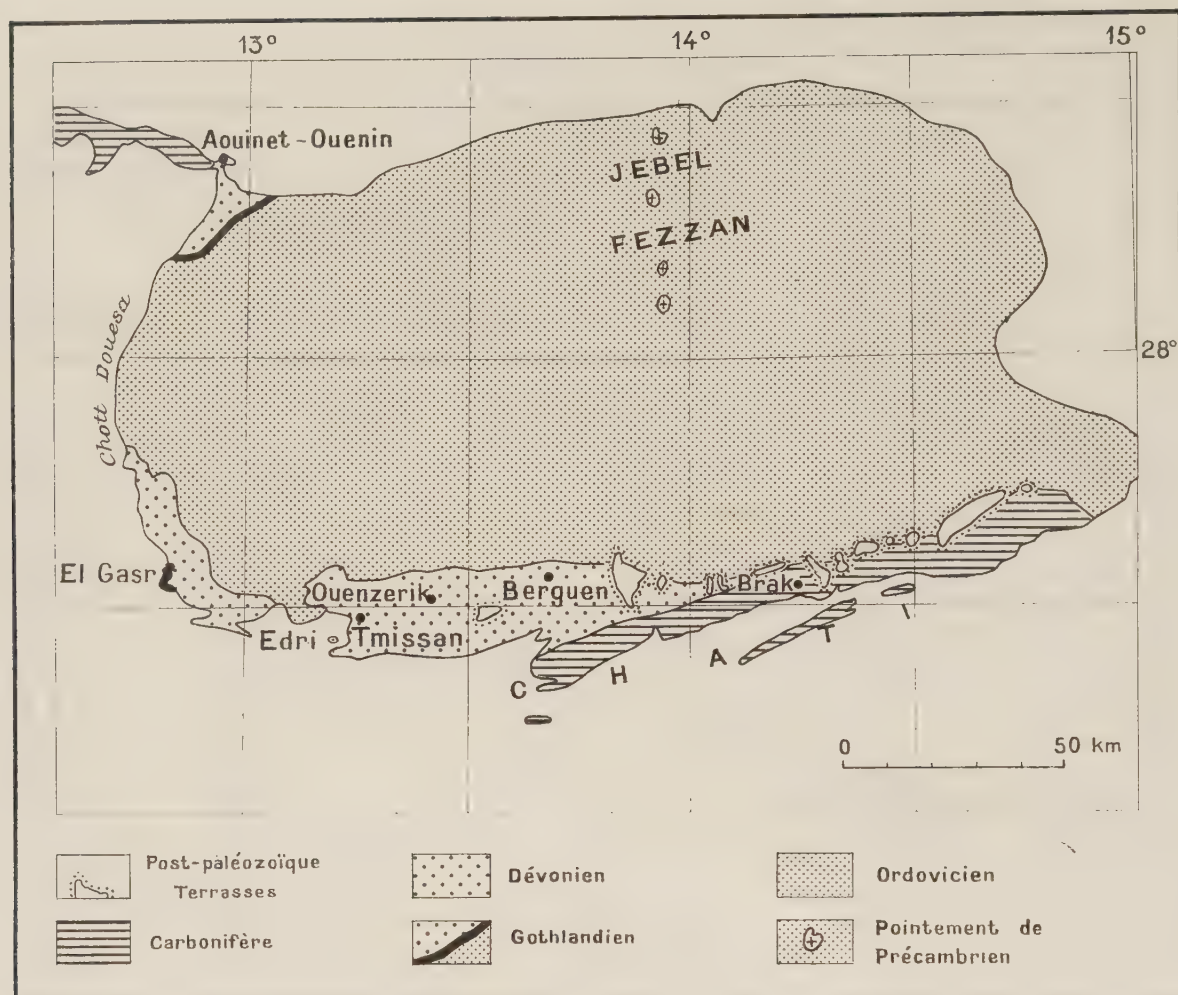


Fig. 27. — Carte des affleurements du Dévonien dans la partie N du Fezzan.

dans le coin NW. Du fait des recouvrements crétacés et tertiaires, il n'est pas possible de savoir si les transgressions dévoniennes ont débordé plus à l'E. Les affleurements les plus voisins, dans la partie S de la Mésogée, se trouvant seulement en Arabie Séoudite et en Iran.

HISTORIQUE.

Le Dévonien supérieur d'Aouinet-Ouenin a été l'un des premiers étages connus et bien datés en Afrique : c'est en effet, dès 1849, que OVERWEG, accompagnant H. BARTH dans sa grande exploration africaine, découvrait des grès à *Spirifer* au pied de la Hamada el Homra, près de El Hassi, dans le cirque d'Aouinet-Ouenin. Les fossiles rapportés de cette exploration devaient être déterminés aussitôt par BEYRICH qui citait : *Spirifer bouchardi* Vern., *Terebratula daleidensis* Roem., *Terebratula longinqua* Beyr. Un peu plus tard, FRECH, étudiant à nouveau ces mêmes fossiles, mettait en évidence les ressemblances frappantes existant

entre cette faune et les faunes néodévonienues de l'Amérique du Nord (certaines des espèces citées par BEYRICH sont des formes connues dans le Nouveau Monde : *Terebratula longinqua* et *Leiorhynchus*, *Spirifer Bouchardi* et *Spirifer mesacostalis*). De leur côté, par contre, les formations du Chati occidental, avec leurs faciès continentaux, furent souvent mal datées. A. DESIO reconnut le premier leur âge dévonien supérieur, mais y rattachait les séries du Chati oriental, dont N. MENCHIKOFF montrait, en 1945, l'âge tournaisien.

LA QUESTION DU DÉVONIEN INFÉRIEUR.

Au Fezzan, l'existence même du Dévonien inférieur reste douteuse. En 1945, découvrant le Gothlandien à Bir el Gasr, M. LELUBRE assimilait aux « Grès supérieurs » des Tassilis les séries gréseuses surmontant directement les argiles à Graptolites. La découverte, en 1951, d'une faune givétienne dans ces grès, permettait d'éliminer cette hypothèse.

Je continuais toutefois à rattacher au Dévonien inférieur une partie des grès des Gargaf, notamment les grès qui surmontent les séries à Tigillites¹ ; ils forment une série homogène, distincte des grès sous-jacents, bien représentée dans toute la région à l'E du Chott Douesa, et recouverte en partie par les formations givétiennes. La découverte de Graptolites dans les argiles qui les surmontent, au SE de Aouinet-Ouenin, a permis de reconnaître leur âge cambro-ordovicien.

Au N même de Brak, une série analogue, formée de grès grossiers, à stratification entrecroisée avait été également rattachée au Dévonien inférieur¹. Il est plus vraisemblable de penser qu'elle représente comme à l'W, la partie supérieure du Cambro-Ordovicien.

Enfin, il est possible, mais difficile à démontrer en l'absence de faune, que les niveaux les plus inférieurs du Dévonien d'Aouinet-Ouenin, reposant directement sur les argiles à graptolites, représentent localement le Dévonien inférieur.

1) LE DÉVONIEN DU CHATI OCCIDENTAL.

A l'extrémité occidentale du Chati, le Dévonien forme une série de plateaux gréseux, d'une cinquantaine de mètres de hauteur, bordés vers le SW, par les grandes dunes de l'Edeyen d'Oubari. Il se poursuit en direction du N, sur une trentaine de kilomètres, jusqu'au-delà de El Gheieicha.

A Bir el Gasr et à Bir Sehil, à 35 km au NW d'Edri, les formations dévonienues reposent directement sur les argiles gothlandiennes, érodées à leur partie supérieure. La coupe que l'on peut étudier ici est intéressante, car elle permet d'éclaircir la stratigraphie des séries semi-continentales du Chati. (Voir Pl. X, fig. 1).

Au N du puits de El Gasr, à travers le petit promontoire qui sépare la dépression d'El Gasr de celle de Sehil, on observe ainsi la succession suivante (fig. 28) :

1) A la base, des argiles gris-bleu, avec quelques passées de grès feuilleté, micacé ; graptolites gothlandiens.

1. Voir notamment la Carte géologique de reconnaissance du Sahara libyen, feuille Sebha, publiée par l'I.R.S. d'Alger en 1954.

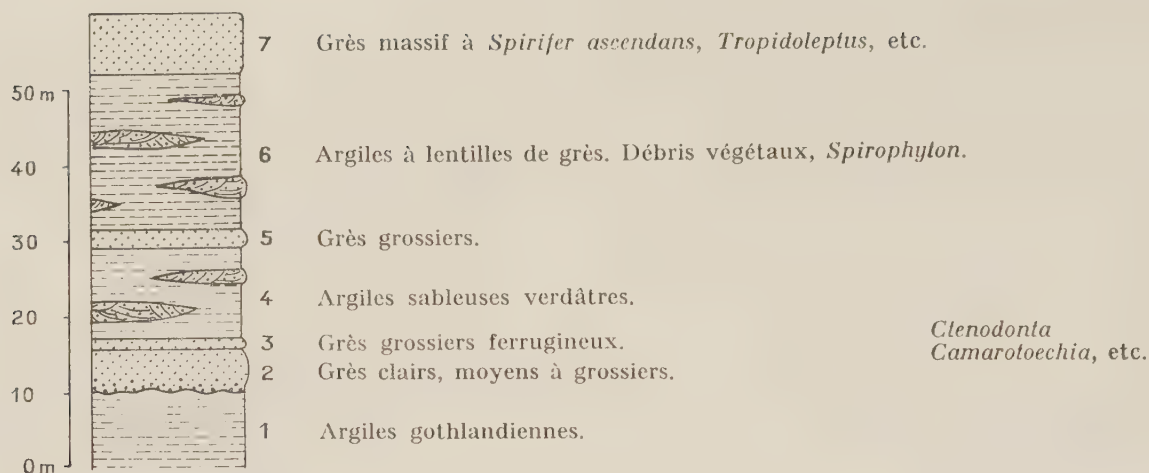


Fig. 28. — Log des séries dévoniennes de la région de Bir El Gasr.

2) Des grès blancs, moyens à grossiers, en bancs assez massifs, reposent directement sur le Gothlandien érodé. A la base, au contact des argiles gothlandiennes, quelques lentilles d'argiles sableuses, verdâtres, avec petits niveaux ferrugineux.

3) Puis viennent des grès assez grossiers, ferrugineux, brun-rouge, avec niveaux plus argileux. Ils renferment de petits Brachiopodes et Lamellibranches, dont :

Spirifer cf. *mucronatus* Hall.

Ctenodonta ex. gr. *prisca* Goldf.

Camarotoechia hexatoma Schnur. var. *soetenica* H. Sch.

4) Ce niveau est surmonté par une quinzaine de mètres de grès et d'argiles sableuses, gris-verdâtre à passées mauves, quelquefois à stratification entrecroisée. Une plaquette de grès montre un calice de Crinoïde (*Thylacocrinus*?).

5) Il s'y intercale un banc de grès grossiers, à ciment ferrugineux, passant à des grès clairs, à ripple-marks, pistes et traces diverses.

6) Un nouvel ensemble argilo-gréseux, verdâtre et violacé, analogue au niveau 4, recouvre ce dernier banc ; il renferme de grandes lentilles de grès à stratification entrecroisée, avec quelques débris végétaux non déterminables, ainsi que de petits *Spirophyton*.

7) La falaise de Bir El Gasr se termine par un niveau de grès plus ou moins argileux, à ciment ferrugineux, passant vers le haut, à des grès clairs, massifs, bien cimentés, quelquefois même silicifiés avec des surfaces à pistes de vers. Ces grès ont fourni une faune assez riche, avec notamment :

Spirifer ascendans, Spriesterbach.

Tropidoleptus carinatus Conrad.

Leptaena rhomboïdalis Wilckens.

Rhynchonella sp.

Aviculopecten polytrichus Phill.

Conularia sp.

POSITION DE CETTE SÉRIE :

A Bir el Gasr même et à Bir Schil un peu plus au N, les grès reposent directement, en très légère discordance, sur les argiles gothlandiennes. Mais si l'on passe légèrement à l'E, on s'aperçoit que la série dévonnaie repose directement, en nette discordance, sur les grès cambro-ordoviciens des Gargaf. On observe, à la base de la série, un conglomérat à très gros

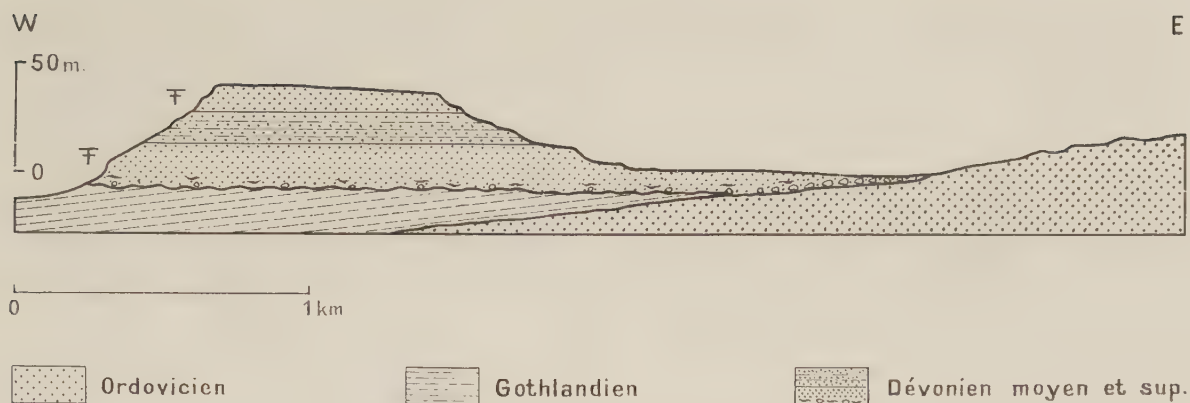


Fig. 29. — Coupe dans la région de Bir el Gasr montrant la transgressivité du Dévonien moyen sur le Paléozoïque inférieur.

fragments de grès roulés souvent à ciment ferrugineux. La coupe ci-dessus (fig. 29) montre bien la transgressivité de cette série dévonienne sur la série tassilienne.

AGE DE LA SÉRIE DE BIR EL GASR :

Le premier niveau de grès ferrugineux renferme de nombreux *Camarotoechia hexatoma* var. *prisca*, espèce givétienne en Europe et en Afrique du nord ; D. LE MAITRE la signale cependant encore dans un Frasnien probable, dans les séries de l'Adrar Mauritanien.

Quant aux grès de la partie supérieure, ils sont caractérisés par la présence de nombreux *Tropidoleptus carinatus* associés au *Spirifer ascendens* Spriesterbach¹ ; les *Tropidoleptus* abondent dans le « Hamilton Group » des Etats-Unis, ainsi que dans le Givétien saharien, et réapparaissent fréquemment dans le Frasnien (D. LE MAITRE, 1952). Le type du *Spirifer ascendens* a été pris dans les Stringocephalenschichten du Givétien rhénan. Il semblerait donc que les niveaux de Bir El Gasr correspondent soit à un Givétien très élevé, soit à la base du Frasnien. On peut d'ailleurs remarquer que des horizons comparables, caractérisés par la même association de *Mucro-spirifer* avec des *Tropidoleptus*, existent à la partie supérieure des séries dévoniennes de l'Adrar Mauritanien, placées provisoirement par D. LE MAITRE (1952, p. 315) à la limite Givétien-Frasnien.

ÉVOLUTION DES SÉRIES DÉVONIENNES :

Vers le N, le Dévonien se suit encore un peu en direction d'Aouinet Ouenin. Cependant, les niveaux argileux disparaissent à la hauteur d'El Gheieicha et l'on ne trouve plus jusqu'au Chott Douesa que des grès azoïques, à passées ferrugineuses et stratification entrecroisée.

Vers l'E, cette même série givétienne de Bir el Gasr passe latéralement à un ensemble de grès clairs, plus ou moins grossiers, quelquefois à stratification entrecroisée, avec de grandes lentilles argileuses : c'est la « série de T'missan ». En profondeur (forage de Ouenzerik par exemple, pour recherche d'eau), ces grès se montrent compacts, riches en pyrite, avec de

1. Ce dernier *Spirifer* avait d'ailleurs été primitivement déterminé comme un *Spirifer mediotextus*, espèce classique également du Givétien allemand (J.-M. FREULON 1951).

fréquentes petites passées ligniteuses. A la hauteur de T'missan, ces mêmes grès renferment d'assez nombreux débris végétaux, malheureusement indéterminables (*Lepidodendron* ?), et des petits *Spirophyton*.

Ils sont surmontés, vers Ouenzerik, par des grès plus ou moins fins, lités, avec de mauvaises empreintes de Rhynchonelles (*Camarotoechia* sp.) et de Spirifer (*Sp.* cf. *Verneuili* ?).

Plus haut, apparaissent, notamment vers Berguen, des grès grossiers, peu épais, à ciment ferrugineux, alternant avec des grès blancs, friables, souvent à stratification entrecroisée. Tous ces niveaux, souvent lenticulaires, avec des faciès semi-continentaux, se rattachent probablement au Dévonien supérieur.

2) LE DÉVONIEN SUPÉRIEUR D'AQUINET-OUENIN.

Des séries argilo-gréseuses attribuables au Dévonien supérieur affleurent, dans le NW du Fezzan, au milieu du petit cirque d'Aouinet-Ouenin, recouvertes par le Crétacé supérieur de la Hamada El Homra. Épaisses d'une centaine de mètres, elles plongent faiblement vers le NW et disparaissent sous les séries dinantiennes. Elles sont encore ici très fossilifères; on peut en lever une coupe détaillée comme le montre le log suivant (fig. 30).

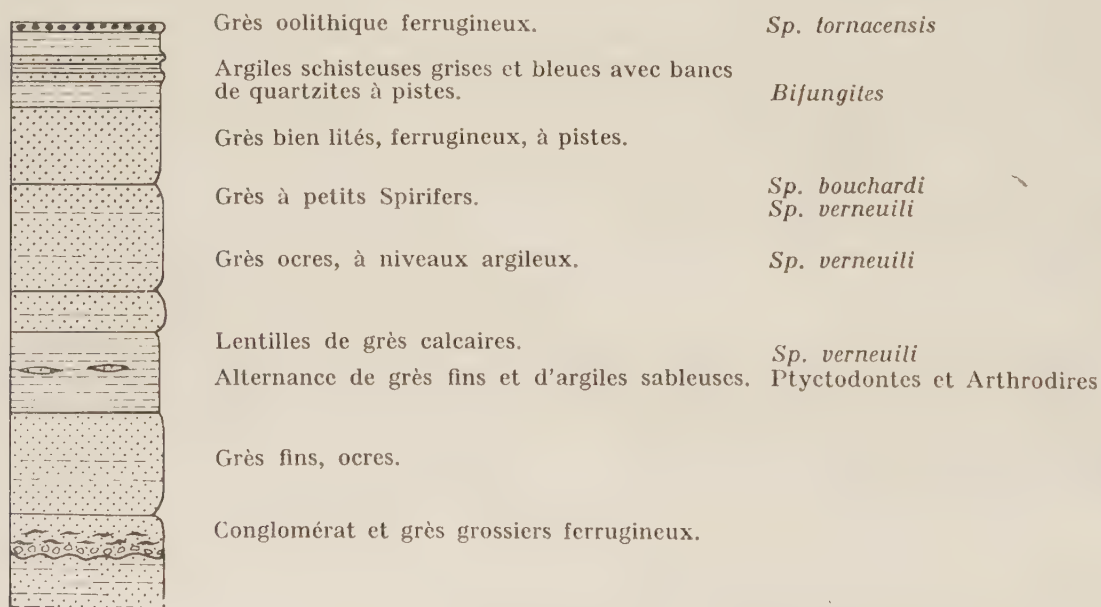


Fig. 30. -- Log des séries dévoniennes d'Aouinet-Ouénin. (Échelle verticale : 1/2.000^e).

1) A la base, transgressif directement sur les argiles gothlandiennes, un niveau de grès grossiers, souvent conglomératique, à galets de grès, d'argile, et à ciment ferrugineux.

2) Ce niveau conglomératique est recouvert par des grès fins, ocres, avec quelques Rhynchonelles et *Spirifer*, cf. *mucronatus* Conr.

3) Vient ensuite une alternance d'argile plus ou moins sableuse et de grès ocres, fins, lités, avec la surface des dalles couverte de nombreuses pistes, et empreintes de *Tropidoleptus carinatus* Conr. et de *Camarotoechia* cf. *daleidensis* Roemer.

4) Une nouvelle série de grès fins et d'argiles sableuses renferme souvent de grandes lentilles de calcaires gréseux ; ces niveaux fournissent une assez belle faune :

Cyrtospirifer verneuili d'Arch. et Vern.

Spirifer mesacostalis Hall.

Leptaena rhomboïdalis Wilck.

Ainsi que de nombreuses petites Rhynchonelles, des Gastéropodes, des Bryozoaires, des Tentaculites, des Orthocères, des dents de poissons (*Ptyctodontes*)¹ et des fragments de bois flottés (probablement *Lepidodendropsis*). Certains bancs de grès ont fourni également des plaques d'Arthrodiures, malheureusement non déterminables.

5) Le Dévonien supérieur se termine par des grès fins, souvent très friables, ocre-brun, très fossilifères ; ceux-ci, qui affleurent notamment autour du puits et de l'abri d'Aouinet-Ouenin, ont fourni

Cyrtospirifer verneuili d'Arch. et Vern.

Mucrospirifer bouchardi Murchison.

Mucrospirifer mesacostalis Conrad.

Leiorhynchus mesacostalis Hall.

Leiorhynchus laura Billings.

Rhynchonella letiensis Gosselet.

Camarotoechia prolifica Hall.

6) Dans les derniers niveaux apparaissent des argiles schisteuses grises, avec de fines passées de grès silicifiés. La surface des dalles de quartzite montre de nombreuses empreintes parmi lesquelles on reconnaît *Sanguinolites* sp. et *Lingula* sp. et les *Problematica* déjà signalés par A. DESIO (1940) et retrouvés dans le Dévonien supérieur du Tassili n'Ajjer : *Bifungites fezzanensis*.

Ces niveaux supérieurs semblent tronqués par une surface d'érosion et recouverts directement par les argiles et grès du Tournaisien supérieur.

La coupe suivante montre les séries dévoniennes du cirque d'Aouinet-Ouenin, recouvertes par les calcaires du Crétacé supérieur de la Hamada el Homra (fig. 31, voir aussi Pl. X, fig. 2).



Fig. 31. — Coupe du cirque d'Aouinet-Ouenin, à la hauteur du point d'eau.

1. Série gréseuse du Dévonien supérieur. — 2. Tournaisien (grès oolithique ferrugineux surmonté d'argiles bleues à plaquettes de grès). — 3. Corniche de Crétacé supérieur marin. — d : discordance. — s : surface d'érosion.

AGE DE CETTE SÉRIE :

L'abondance des *Cyrtospirifer verneuili* et des *Mucrospirifer* (*M. mesacostalis* et *M. bouchardi*, avec de nombreuses variétés) permet d'attribuer ces niveaux au Frasnien. Il n'est pas possible de préciser cette attribution, mais on peut penser qu'ils représentent des

1. J.-M. FREULON, J.-P. LEFRANC et J.-P. LEHMAN, 1953.

témoins de la grande transgression frasnienne, qui aurait atteint, ici, sa limite orientale. Il est intéressant de remarquer également l'abondance des espèces américaines (connues notamment dans le « Hamilton group ») : *Leiorhynchus* (*Leiorhynchus laura* et *L. mesacostalis*), *Camarotoechia prolifica* et les nombreux *Mucrospirifer*. Par contre, *Tropidoleptus carinatus*, que nous avons vu persister jusqu'au Frasnien dans les régions tassiliennes, semble faire totalement défaut ici dans les niveaux supérieurs.

III. Le Dévonien de la bordure E du Tassili N'Ajjer

Les séries du Tadrart

A l'E du grand axe anticlinal Ajjer, une série gréseuse très épaisse recouvre les argiles à Graptolites de la région de Rhat, formant le massif du Tadrart. Celui-ci s'étend sur plus de 300 km du N au S, de la région de Serdelès jusqu'à la hauteur d'In Ezzan, avec une largeur moyenne de 35 à 50 km (voir la carte ci-contre, fig. 32). Les grès du Tadrart, qui plongent faiblement vers l'E, avec un pendage moyen de l'ordre du degré, se présentent comme un immense monoclinal face à l'W. Des falaises de plusieurs centaines de mètres dominent toute la vallée de l'oued Issayène et de l'oued Tanezzouft. (Pl. VI, fig. 2), ainsi que le grand cirque de Takharkhourî. Plus au S, cette falaise se subdivise en plusieurs cuestas secondaires, mais conserve cependant une certaine importance jusqu'à Tin Er Rada et l'Adrar Kasar.

De nombreux oueds encaissés ravinent le plateau gréseux, coulant tous en direction de l'E, et se perdant dans la grande dépression de l'Igudi Ouan Kasa ou de l'Igudi Tin-Merzouga. Parmi les grands oueds du Tassili interne, deux seulement réussissent à franchir la falaise du Tadrart, et uniquement dans sa partie méridionale, la moins élevée : l'oued Arrikine et l'oued In Djerran. Leurs profondes gorges méandriformes permettent de lever facilement des coupes détaillées sinon complètes des formations du Tadrart.

Nous avons vu que le Gothlandien de la région de Rhat se terminait, comme ailleurs, par des alternances de grès et d'argiles (la « zone de passage ») qui surmontaient un niveau du Ludlow inférieur probable. Par dessus, se développent plusieurs séries essentiellement gréseuses : la première de celles-ci est constituée par les « Grès à *Harlania* » et se rattache, nous l'avons vu, très certainement encore au Gothlandien. Cependant, souvent difficile à distinguer des autres séries du Tadrart, elle a été fréquemment cartographiée et décrite dans le cadre du Dévonien inférieur. Je me contenterai de rappeler ici ses principales caractéristiques (voir la description détaillée donnée dans le chapitre sur le Gothlandien).

1) LES « GRÈS À HARLANIA » :

Cette série est constituée par des grès fins à moyens, ocre clair passant quelquefois à de véritables grès rouges. Ces grès, très souvent à stratification entrecroisée, renferment de nombreuses lentilles assez minces de pélites ferrugineuses et d'argiles kaoliniques. La



Fig. 32. — Esquisse géologique du Tadrart.

surface de ces dalles de pélites ferrugineuses montre de nombreuses empreintes de *Harlania* et en plusieurs points, de débris de Gigantostracés (J.-M. FREULON, 1953).

Les « Grès à *Harlania* » sont épais en moyenne de 150 à 250 m.

2) L'« HORIZON D'IKNIOUEN » :

Dans le haut de l'oued Istahah, à la hauteur de l'aguelmam d'Ikniouen, un niveau très intéressant, que l'on peut suivre à travers une partie du Tadrart, recouvre les derniers bancs de grès à *Harlania*.

Dans des grès fins, blancs, micacés, épais de 1 à 3 m en moyenne, apparaissent des pseudo-nodules de formes variées, constitués par un grès fin, brun-rouge. Un examen microscopique montre que les deux grès sont identiques, et que, seul le ciment ferrugineux est responsable de cette différenciation. Vers la partie supérieure, ces pseudo-nodules prennent une forme cylindrique et se rattachent, comme des stalactites, à un « toit » de pélites ferrugineuses. En section polie, ces cylindres montrent un axe central vide ou rempli par un grès plus grossier, mal cimenté. On peut penser à une concentration d'oxydes de fer autour de racines. Tous ces caractères évoquent des « paléosols ». Par ailleurs, au même endroit, une plaquette de grès rouge m'a fourni des empreintes très frustes qui pourraient se rapporter à des frondes de Psilophytale. Il n'a pas été possible d'exploiter ce niveau qui devrait se révéler intéressant. La photo n° 2 de la Planche XI montre l'allure de cet horizon, le long des parois des gorges près de l'aguelmam d'Ikniouen.

Un peu plus à l'E, en direction de l'oued Selfoufet, cet horizon passe à un niveau ferrugineux peu épais, avec toujours les mêmes pseudo-stalactites ferrugineuses ; il est recouvert directement par des grès très grossiers, à ciment ferrugineux, avec de nombreux galets de quartz.

On peut le suivre également vers le S, où on le retrouve jusqu'à la hauteur de l'oued In Djeran ; il passe d'ailleurs le plus souvent, à des niveaux de pélites ferrugineuses alternant avec des grès argileux et des argiles blanchâtres, avec quelquefois, des lentilles conglomératiques résultant de remaniements intraformationnels.

3) LA SÉRIE DE TAKISSET :

Au-dessus de ces horizons ferrugineux, vient une série de grès grossiers à patine noire très accusée, souvent à stratification entrecroisée. Le ciment ferrugineux de ces grès m'avait conduit à parler de la « Série des grès rouges » (J.-M. FREULON, 1953). Il semble toutefois préférable de caractériser cette série par un terme géographique et de parler de la « Série de Takisset », cette série présentant un développement particulièrement important dans la région de l'oued Takisset et de l'Adrar Bohedian.

Elle est formée par une puissante assise de grès grossiers et même très grossiers, avec de petits lits à galets de quartz.

Les grès présentent un aspect microconglomératique très net : les grains sont très mal triés, allant de plus de 1 mm à moins de 0,02 mm. Les plus gros sont souvent bien arrondis, les autres le plus souvent anguleux. Les quartz montrent des inclusions diverses avec extinction roulante. Le ciment est le plus souvent siliceux, avec de fines recristallisations, et parfois ferrugineux. Une hématite secondaire pigmente le tout. Les minéraux lourds semblent très rares et on n'observe aucun feldspath.

Les stratifications inclinées et les stratifications entrecroisées sont de règle, avec prédominance des types tabulaires (R. SHROCK, 1948) et analogues à celles de la base des séries cambro-ordoviciennes. Elles pourraient être dues à des épandages détritiques d'origine torrentielle. Le ciment ferrugineux est cause de leur teinte rougeâtre ou brune. Il s'y intercale quelquefois encore quelques lentilles de pélites ferrugineuses, ainsi que des carapaces ferrugineuses (paléo-latérites ?).

La « Série de Takisset » est épaisse de 150 à 300 m en moyenne, mais semble plus puissante dans le S de l'oued Takisset, à la hauteur de l'Adrar Bohedian par exemple. Elle forme tous les contreforts orientaux du Tadrart, et se caractérise par une morphologie particulière, en multiples petites buttes arrondies.

La « Série de Takisset » finit par des grès fins à moyens, blancs, compacts, légèrement micacés, alternant avec des grès ocre clair, plus ou moins friables. Les dalles présentent de nombreuses surfaces avec ripple-marks. Dans certains niveaux plus grossiers, on observe de petits galets de grès blancs, remaniés. Dans le N du Tadrart, à la latitude de Serdelès par exemple, ces derniers grès se terminent par un horizon rubéfié dans lequel j'ai trouvé quelques mauvaises empreintes de Brachiopodes (*Tropidoleptus* sp. et un *Spirifer* à sinus lisse) avec des débris de bois ferruginisés non déterminables.

4) LA SÉRIE D'OHEBRAN :

A la hauteur de l'oued Takisset apparaît, en partie recouverte par les dunes de l'Igudi Ouan Kasa et de l'Igudi Tin Merzouga, une série argilo-gréseuse qui forme une suite de petits plateaux à l'entrée du Gassi Ohebran. En ce dernier point, on peut lever la coupe suivante (fig. 33) :

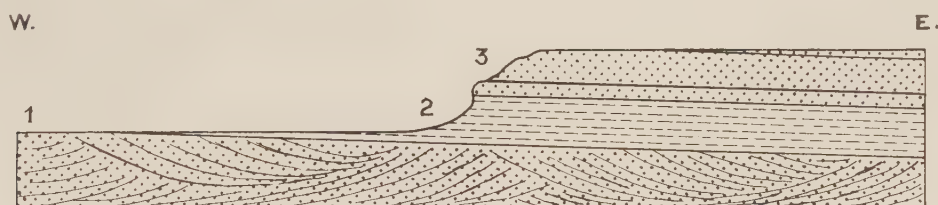


Fig. 33. — Coupe du Dévonien supérieur du Gassi Ohébran.

1. Grès du Tadrart. — 2. Argiles blanches. — 3. Grès en plaquettes. (Les chiffres renvoient au texte.)

1. Grès fins, quelquefois à stratification entrecroisée, avec de grandes surfaces à ripple-marks, terminant les séries du Tadrart.

2. Argiles blanches, plus ou moins gréseuses, avec de minces niveaux d'hématite (0,5 à 5 m).

3. Au-dessus, viennent des grès fins, légèrement ferrugineux, se délitant en petites plaquettes. Ils passent ensuite à des grès micacés, violacés, avec niveaux psammitiques, et sont recouverts par des grès plus massifs, en dalles, qui disparaissent rapidement sous des argiles gypseuses quaternaires qui forment tout le fond du Gassi Ohebran.

Le niveau de grès micacés, mauves (3), m'a fourni une faune assez pauvre, avec en particulier :

Spirifer, cf. *mucronatus* Hall,

Rhipidomella cf. *vanuxemi* Hall,

Chonetes sp.,

Nucula sp.,

Fistulipora monticulata Ulrich (cité par C. CHIESA, 1940), ainsi que de nombreuses *Styliolines* et *Tentaculites*.

L'évolution des séries du Tadrart, depuis la latitude de Serdelès jusqu'à celle d'In Ezzan a été schématisée dans la figure 34.

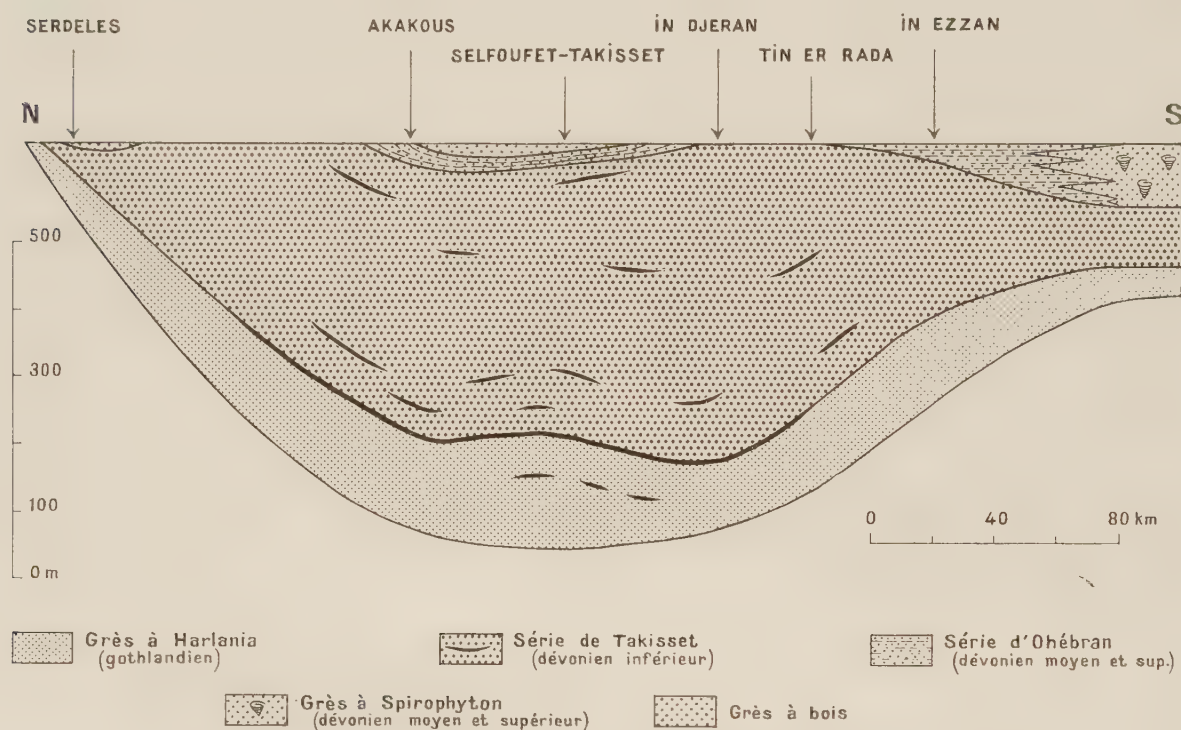


Fig. 34. — Évolution des séries dévoniennes du Tadrart.

AGE DES SÉRIES DU TADRART.

Encore plus que dans le N du Tassili n'Ajjer, il sera difficile ici de dater d'une façon précise les séries, en grande partie continentales, du Tadrart.

Les Grès à *Harlania* reposent sur la « zone de passage » du Gothlandien de l'Akakoua, datée par l'horizon à *Monograptus* cf. *nilsoni*, c'est-à-dire du Wenlock ou du Ludlow inférieur. Il est logique d'admettre que cette série représente la partie supérieure du Gothlandien.

Ces Grès à *Harlania* semblent se terminer par une coupure nette, marquée par des paléosols, de petites surfaces d'érosion ainsi que des ravinements locaux. Du fait de la faiblesse des pendages de toutes les séries dans cette région, il n'est pas possible de mettre en évidence une discordance angulaire entre les grès siluriens et les premières séries du Tadrart, mais une grande discontinuité est indiscutable. Elle correspond à l'« horizon d'Ikniouen » et serait contemporaine de la phase ardennaise mise en évidence dans la plupart des bassins

ESQUISSE PALÉOGÉOGRAPHIQUE DU DÉVONIEN INFÉRIEUR

Legend:

- Emsien
- Siegenien

Geographical features and locations shown on the map include:

- Océan Atlantique** (Atlantic Ocean)
- ILES CANARIES** (Canary Islands)
- ALGER**, **TUNIS**, **TRIPOLI**, **Benghazi**, **LE CAIRE**, **Khartoum**
- MER MÉDITERRANÉE** (Mediterranean Sea)
- MER ROUGE** (Red Sea)
- SINAI**, **Joudaïn**
- CHÂNE ARABIQUE** (Arabian Peninsula)
- NIL** (Nile River)
- TRIPOLITAINE**, **CYRENAÏQUE**
- DÉSERT LIBYQUE** (Libyan Desert)
- DOHONÉ**, **OUENAT**
- ERDIS**, **ENNEDI**
- EGUEÏ**
- BORKOU**
- KAOUAR**, **DJADO**
- TÉNÉRÉ**
- AÏR**, **AGADÈS**
- DAMERGOU**
- AZAOUAK'**
- Kidal**, **Gao**
- ADRAR DES IFORAS**
- TAOUENI**
- EL HANK**, **IGUIDI**
- ZEMMOUR**
- SEGUIET EL HAMRA**
- TINDOUF**
- EGLAB**
- ERG CHECH**
- ERG SAOURA**
- GOURARA**
- TADMAÏT**
- In Salah**, **TIDIKELT**
- AMG'ID**
- TAASSIL N'AUJER**
- DJANET**
- AHNET IMMIDIR**
- AHAGGAR**
- TAMANRASSET**
- SAURA**
- ERG OCCIDENTAL**
- ERG ORIENTAL**
- Rhadames**
- HAMADA EL HOMRA**
- Mourzouk**
- Djeraboub**
- Sioua**
- KATTARA**
- Ch. Djerid**
- Biskra**
- Quargla**
- Colomb-béchar**
- RABAT**
- DAKAR**
- RIO DE ORO**
- ADRAR**
- ATAR**
- TAGANT**
- AOUIKER**
- Tombouctou**
- Niger**
- TANEZROUFT**
- TIMETRINE**
- AZAOUAD**

☐ Emsien

☐ Siegenien

10

S

a

[

[

pi

ko

in

la

pa

bl

év

m

et

du Sahara central. La plus grande partie des grès du Tadrart, c'est-à-dire, essentiellement la *Série de Takisset*, est, dans cette hypothèse, indiscutablement dévonienne. Malheureusement, il faut monter jusqu'à la Série d'Ohebran pour retrouver des niveaux datés : Frasnien et peut-être (comme aux Ajjer et au Fezzan) Givétien supérieur. Les seuls fossiles trouvés dans les grès, en bordure du Takisset et de l'oued Selfoufet, ainsi que dans le Nord du Tadrart, dans l'oued Tihardin, ne sont pas utilisables pour une datation fine (*Spirifer* sp., avec peut-être une forme voisine de *speciosus* (?), *Atrypa* sp.) sinon pour évoquer un Dévonien inférieur s.l. ou peut-être déjà l'Eifélien ?

IV. Le Dévonien du Pays Tebou : S du Tadrart, Djado et S du Fezzan

En l'absence de faune, il est difficile, dans tout le S des Ajjer, comme dans le Tadrart, d'effectuer des coupures stratigraphiques sérieuses à travers les importantes séries gréseuses qui s'étendent du Gothlandien jusqu'au Dinantien certain. On peut cependant distinguer :

1) LES « GRÈS A HARLANIA ».

On les suit depuis la région d'In Ezzan jusqu'à la hauteur de Djado ; épais d'une centaine de mètres environ, ce sont des grès généralement assez fins, souvent à stratification entrecroisée, à ciment ferrugineux. Comme dans le Tadrart, des niveaux pélitiques montrent de nombreux *Harlania*. Sur la bordure orientale du bassin, on les retrouve au-dessus du niveau d'argiles et de psammites qui représente le Gothlandien. Épais alors d'une centaine de mètres, ils présentent le même faciès de grès assez fins, à stratification entrecroisée, ocres ou bruns. En direction du N, vers le Fezzan, ils diminuent rapidement de puissance et lorsqu'on arrive dans le Meherchema, les « Grès à bois » dinantiens recouvrent directement les formations cambro-ordoviciennes ou les niveaux psammitiques d'âge gothlandien probable.

Comme précédemment pour les Séries du Tadrart, il est difficile de préciser l'âge de ces « Grès à *Harlania* », série compréhensive allant du Gothlandien au Dévonien inférieur.

2) LE DÉVONIEN MOYEN ET SUPÉRIEUR DU BASSIN DE DJADO.

Dans tout le Bassin de Djado et de Madama, les seuls niveaux attribuables à un Dévonien certain sont représentés par des grès affleurant dans la région de Séguédine et de Dadafuy, recouverts malheureusement en grande partie par les « Grès de Nubie »¹.

En ces derniers points, notamment entre Séguédine et l'Olékidaba, au-dessus des niveaux supérieurs de grès à *Harlania* du Djado, s'observent des grès fins, souvent micacés, en plaquettes, alternant avec des grès plus ou moins ferrugineux, ocres ou violacés et des argiles blanchâtres (faciès identique à celui du Dévonien supérieur de Ohebran). Les grès en plaquettes renferment de mauvaises empreintes de Brachiopodes, avec notamment :

Chonetes cf. *sarcinulata*,

1. Ce Dévonien a été découvert par HUBERT (1917) qui signala, dans les grès de Dada, la présence de *Spirifer* cf. *rousseauxi* et de *Leptostrophia oriskania*.

Tropidoleptus sp.,

Spirifer sp. (*Mucrospirifer* cf. *mesacostalis* ?).

C'est probablement dans les mêmes niveaux que M. DALLONI (1948, p. 17) a signalé, près de Dadafuy et vers Aguezi Kamadia, une faune dévonienne, déterminée par G. TERMIER, avec, en particulier :

Phacops,

Camarotoechia cf. *siegensis* Fuchs,

Camarotoechia cf. *nympha* Barrande,

Chonetes cf. *sarcinulata* Schlotheim,

Stropheodonta sp.

Il est difficile, étant donné la pauvreté de la faune et le mauvais état des empreintes, de préciser l'âge de ces grès. Tandis que la liste publiée par M. DALLONI évoque plutôt une faune siegénienne ou emsienne, la présence des *Tropidoleptus* et des *Mucrospirifer* rappelle le Givétien-Frasnien du Tassili n'Ajjer et de la région d'El Gasr. C'est surtout avec les niveaux d'Ohebran qu'il est le plus tentant de rattacher les grès de Dadafuy.

3) LES GRÈS À SPIROPHYTON.

Dans la région de l'Emi Bouli apparaissent des grès assez épais, avec fréquemment des niveaux plus argileux ou psammitiques ; certains lits gréseux sont très riches en empreintes de *Spirophyton*, souvent de très grandes tailles (certains *Spirophyton* dépassent 20 cm de diamètre). On suit ce niveau plus au S jusqu'à la hauteur de Djado, ainsi qu'à la bordure orientale du bassin. Dans les séries à *Spirophyton* du Djado comme dans celles de l'E, on rencontre souvent de nombreux bois, mal conservés, ferruginisés. Il est difficile là encore de préciser l'âge de ces formations. Tandis que les importantes séries de Grès à bois qui les surmontent sont incontestablement déjà carbonifères, il est possible que les Grès à *Spirophyton* soient encore dévoniens.

Comparaisons et corrélations

Comme pour le Cambro-Ordovicien et le Gothlandien, les séries stratigraphiques les plus complètes s'observent vers l'W, du sud-marocain à la Saoura, le Touat, le Gourara, l'Ahnet... Mais là encore, les nombreuses études effectuées sur ces bassins maintenant classiques n'ont pas encore été publiées ou restent confidentielles. Il est difficile dans ces conditions de tenter des corrélations et des comparaisons détaillées entre ces différentes formations. Utilisant notamment les travaux de N. MENCHIKOFF (1930, 1933), de D. LEMAITRE (1952), de G. PETTER (1957), de J. FOLLOT (1952), je me contenterai de donner le tableau provisoire suivant (fig. 35).



	AHNET ET MOUYDIR	TASSILI N'AJJER	FRONTIÈRE LIBYENNE	TADRART	DJADO	FEZZAN
<i>Famennien</i>	Grès du Khenig	Grès de l'Adrar Illiren			Grès à Bois ?	Série d'Aouinet- Ouenin et du Chati
<i>Frasnien</i>	Schistes avec lumachelles à <i>Sp. verneuili</i>	Schistes avec lumachelles à <i>Sp. verneuili</i>	Grès à <i>Mucrospi- rifer</i> du Talagrouna	Série d'Ohebran	Série de Dadafuy	
<i>Givétien</i>	Série argilo-calcaire à Goniatites					
<i>Eifélien</i>	Dalles calcaires à <i>Tornoceras</i> Séries argilo- gréseuses à Brachiopodes	Dalle calcaire du Tin Meras		Série de Takisset		
<i>Emsien</i>	Grès à <i>Spirifer arduennensis</i>	Série des Ighagharen à <i>Sp. gr. arduen- nensis</i>		Horizon d'Ikniouen	Séries du	
<i>Siégénien</i>	« Grès supérieurs »	« Grès supérieurs »		Grès du Tadrart	Djado ?	
<i>Gothlandien</i>	« Zone de passage »	« Zone de passage »		« Grès à <i>Harlania</i> » « Zone de passage »	« Grès à <i>Harlania</i> » « Zone de passage »	

Figure 35. — Tableau provisoire de corrélation des séries dévoniennes.

Esquisse paléogéographique

On a vu précédemment les répercussions de la phase ardennaise à travers le Sahara central, se traduisant par une paléogéographie plus complexe à travers tout le Dévonien. Tandis que la Plateforme saharienne était à nouveau envahie par plusieurs transgressions marines, le rejeu local de vieux accidents précambriens et de mouvements épirogéniques de vaste amplitude ont donné naissance à de grandes dorsales qui ont partagé le domaine saharien, jusqu'alors très homogène, en plusieurs bassins secondaires.

DÉVONIEN INFÉRIEUR.

S'il n'a pas été possible de caractériser paléontologiquement un Gédinnien, ni un Siégénien certain, nous avons cependant attribué à ce dernier étage l'ensemble des « Grès supérieurs » du Tassili n'Ajjer ainsi qu'une partie des « Grès du Tadrart ». Ces très importants

ensembles détritiques (il s'agit notamment, dans le premier cas, d'une formation uniquement gréseuse affleurant sur près de 350 km sur plus de 200 km, retrouvée assez loin à l'intérieur du bassin par les forages, avec une épaisseur moyenne de 300 à 400 m, c'est-à-dire d'un ensemble de plus de 25.000 km³) ne peuvent résulter que de la démolition de puissantes séries antérieures, que l'on peut placer, compte tenu des zones affectées par les mouvements calédoniens, d'une part vers le S, sur l'emplacement des Tassilis internes et du Précambrien du Tafassasset ¹, d'autre part, vers l'E, à travers tout le Fezzan, du N des Gargaf au Meherchema ². Tandis que ces « Grès supérieurs » du Tassili n'Ajjer se déposaient franchement en mer, triés et repris par les courants à l'intérieur du grand golfe Ajjer, les « Grès du Tadrart » correspondent déjà à des formations sublittorales (plages ou deltas), ou même franchement continentales (grands épandages torrentiels de la « Série de Takisset »). On arrive ainsi à reconstituer un grand golfe ouvert en direction du NW, qui devait recevoir les apports de nombreux fleuves drainant le continent situé, à la fin du Gothlandien, vers le S du Tadrart mais s'étendant ensuite progressivement vers le N.

LA « TRANSGRESSION EMSIENNE ».

Nous avons vu que les formations emsiennes semblaient absentes à l'E de la dorsale de la frontière libyenne. Au Tassili n'Ajjer même, le changement progressif de faciès et l'apparition d'une assez riche faune de Brachiopodes semblent indiquer des variations assez importantes de la paléogéographie. Mis à part quelques horizons de grès grossiers, et de petits conglomérats intraformationnels liés à de simples remaniements locaux, les gros apports détritiques cessent ; après une période d'équilibre et de calme correspondant à la plus grande partie de l'Emsien, une régression importante va commencer à se dessiner dès la fin du Dévonien inférieur.

DÉVONIEN MOYEN.

Il faut maintenant admettre une lacune de presque tout le Dévonien moyen à l'E de la dorsale d'Amguid, tout l'E du Sahara central étant resté émergé pendant cette période, tandis que s'étendait vers l'W, une mer épicontinentale, avec développement local de récifs (Eifélien de l'Azzel Matti) et foisonnement des faunes de Goniatites sur les fonds d'herbiers (Saoura, Touat...).

Ce n'est probablement qu'à la fin même du Givétien que la mer commença à envahir pour une nouvelle fois les provinces orientales, prélude à la grande transgression frasnienne.

DÉVONIEN SUPÉRIEUR.

Au Frasnien, la mer dévonienne atteignit sans doute son plus grand développement. Les vastes bombements épirogéniques liés à la dernière phase calédonienne ont partagé

1. Si l'existence d'une zone émergée dans cette partie orientale de l'Ahaggar ne peut qu'être hypothétique, un peu plus au S, dans le NW de l'Aïr, dans la région de In Azaoua en particulier, cette émergence semble confirmée par le fait que les séries gothlandiennes, érodées à leur partie supérieure, sont recouvertes directement par des grès à *Mucrospirifer* du Frasnien.

2. On a vu qu'il n'existait aucune formation attribuable au Dévonien inférieur à travers tout le Fezzan, à l'E du 12°.



10

en:
gré
du
en:
sér
cal
du
che
en
cor
cor
rec
noi
ma

de
l'aj
imj
pet
dét
par
nie

la c
tan
(Ei
(Sa

pou

Les

plus
que
du I

alors le domaine marin en plusieurs bassins secondaires. Le lessivage des formations continentales est à l'origine des importants dépôts d'argiles kaolinitiques du Frasnien, dans lesquelles s'observent également de très fines particules de quartz, comme dans le cas des argiles gothlandiennes. C'est vers l'W, en particulier dans l'Ahnet et le Touat, que l'on observe les plus grandes épaisseurs, comme on peut le remarquer sur la carte paléogéographique hors-texte, sur laquelle ont été esquissées les isopaques de ces formations. Ces dépôts d'argiles et de grès très fins sont parfois interrompus par le développement d'une faune très abondante, à l'origine des petites lumachelles (Brachiopodes, Gastéropodes, Ptéropodes, etc.).

A la fin du Dévonien supérieur, une reprise de l'érosion, liée peut-être à une phase prémonitoire hercynienne, amène un nouveau matériel détritique important (grès de la « côte préatassilienne »). Au même moment, se forment de nombreux niveaux ferrugineux, souvent d'allure lenticulaire. Il s'agit le plus souvent de bancs oolithiques : oolithes de goethite ou de chlorite liées par des argiles grises, niveaux d'hématite compacte, ou même quelquefois brèches ferrugineuses provenant du remaniement sur place de niveaux oolithiques ou hématitiques formés précédemment. Il semble bien que ces horizons ferrugineux soient liés à un lessivage des formations continentales (cuirasses latéritiques, carapaces ferrugineuses et sols tropicaux) correspondant à la phase d'émersion mésodevonienne (ERHART, 1956). Dans ce cas, les eaux continentales, au pH acide, chargées en hydroxydes de fer, sont précipitées en se mélangeant au large aux eaux marines, faiblement alcalines. Il est difficile cependant de reconstituer les conditions paléogéographiques de ces dépôts : on peut penser à de grandes bandes de dépôts ferrugineux au large des rivages, grandes franges littorales ou accumulations dans les zones centrales de bassins épicontinentaux plus ou moins fermés, les brèches coïncidant avec des accidents locaux ou des remaniements passagers (L. CAYEUX, 1922 et STRAKHOV, 1957).

D'un autre côté, il est intéressant de constater que la faune du Dévonien supérieur dans l'E du Sahara central est assez pauvre : nombreux Brachiopodes (et encore pullulation d'un nombre assez restreint d'espèces), Lamellibranches, Gastéropodes et Ptéropodes, mais par contre absence totale ou presque de *Goniatites* ou de Polypiers. On a pu ainsi parler, à propos du Sahara central et du Sahara occidental, d'une *Province à Brachiopodes* et d'une *Province à Goniatites* (G. PETTER, 1957). Cette pauvreté relative de la faune pourrait résulter de la position géographique du Golfe Ajjer, bras de mer presque entièrement fermé, à l'abri probablement des grands courants côtiers, vecteurs des faunes nouvelles et renouvelant les apports organiques et chimiques indispensables à leur développement. A ce point de vue, la barrière que constituait très probablement l'axe d'Amguid-El Biod ne doit pas être sous-estimée : si elle laissait déborder les grandes transgressions marines venant de l'W, elle devait dévier très certainement les grandes masses d'eaux océaniques et isoler ainsi les domaines Ajjer et du Fezzan.

CHAPITRE VIII

LE CARBONIFÈRE

Le Carbonifère se caractérise, dans le Sahara, comme dans toute la Mésogée, par une importante transgression qui a recouvert la plus grande partie du domaine saharien, à l'W d'une ligne allant du S de la Cyrénaïque au S de l'Aïr.

Dans les régions étudiées ici, il est représenté par des formations relativement puissantes par rapport aux ensembles précédents, couvrant presque le tiers de la surface totale des bassins paléozoïques du Tassili n'Ajjer et du Fezzan.

Il constitue un cycle sédimentaire presque complet, avec :

- à la base, de puissantes séries argilo-gréseuses,
- puis apparition des calcaires, avec notamment les horizons à *Collenia*,
- développement des séries argilo-calcaires jusqu'au Namurien,
- enfin, au sommet, des faciès de régression, avec gypse, argiles et grès continentaux, de la fin du Namurien.

HISTORIQUE.

La première découverte de formations carbonifères dans le Sahara est due à OVERWEG, dont les récoltes furent étudiées par BEYRICH. Mais c'est à F. FOUREAU que revient le mérite d'avoir reconnu le premier l'extension et l'importance du Carbonifère et d'en avoir levé une coupe complète. Les matériaux ramenés par F. FOUREAU furent étudiés par E. HAUG qui en publia les résultats dans les Documents scientifiques de la Mission transaharienne de 1900.

Grâce à ce matériel, E. HAUG arrivait au schéma stratigraphique suivant :

- à la partie inférieure, une série, surtout gréseuse, avec des *Lepidodendron* rapprochés de formes westphaliennes,
- puis des calcaires à *Productus cora* et *Spirifer* ; la présence de *Spirifer rectangulus* indiquerait un âge Moscovien-Ouralien.
- enfin des calcaires supérieurs, attribués à l'Ouralien, d'après les nombreux *Productus cora* de grande taille.

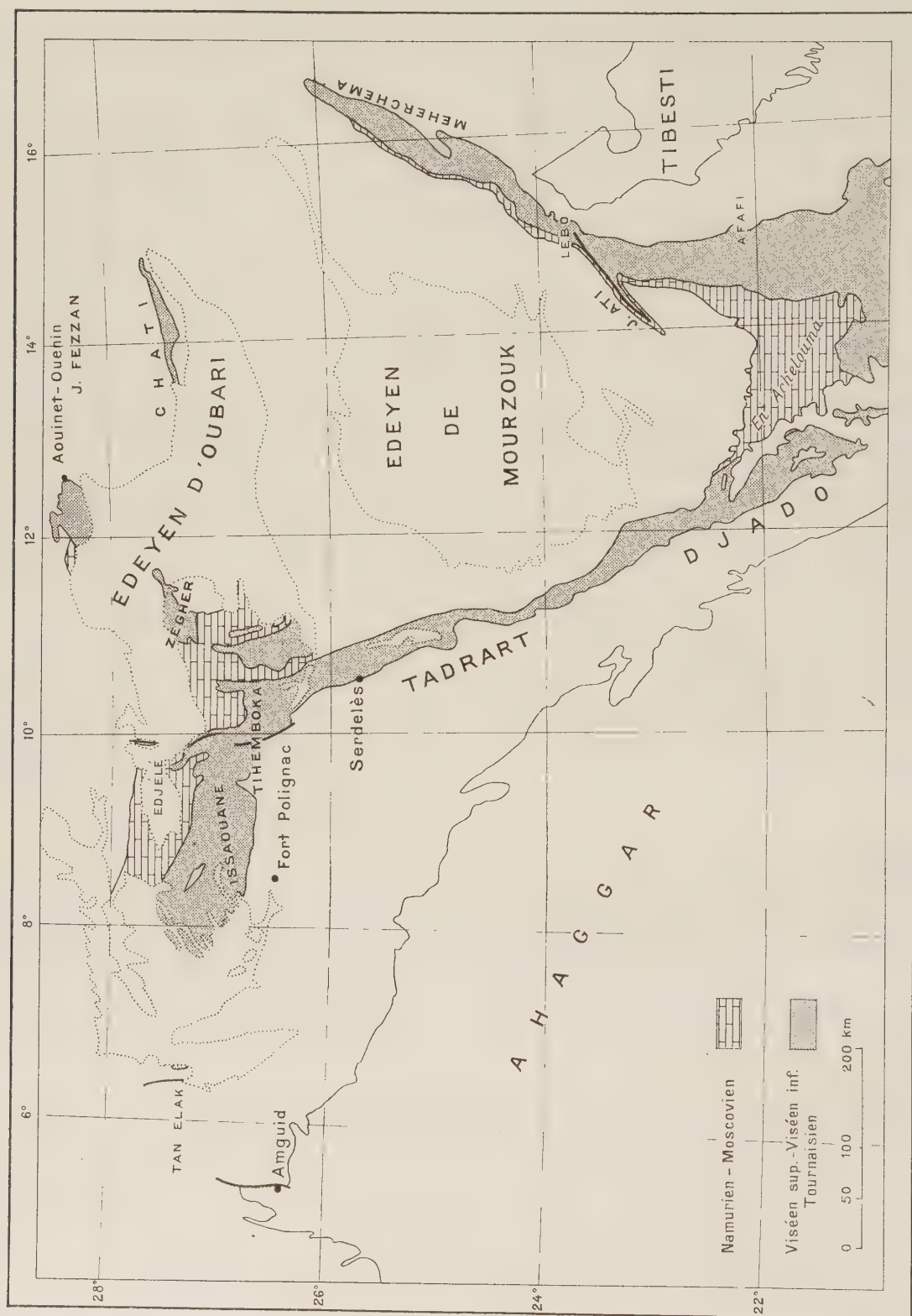


Fig. 36. — Carte des affleurements du Carbonifère.

En résumé, E. HAUG conclut, « sans hésiter, à l'existence de l'Ouralien, tout au moins de l'Ouralien inférieur dans l'Erg Issaouane, et à celle du Moscovien, à l'exclusion du Dinanien »¹.

Cette attribution des séries de l'Issaouane à des niveaux élevés du Carbonifère devait être mise en doute, dès 1930, par N. MENCHIKOFF. La présence de l'Ouralien, basée essentiellement sur la présence de nombreux *Productus cora* ne semblait pas correspondre à ce que l'on savait, par ailleurs, des séries sahariennes.

En 1939, à l'occasion d'un bref itinéraire dans la région, N. MENCHIKOFF effectuait une coupe à peu près complète du Carbonifère le long de la piste de Fort-de-Polignac à Ohanet. Il montrait la transgressivité du Viséen, « probablement moyen » sur le Dévonien supérieur, le Tournaisien semblant absent en ce point, l'importance du Viséen supérieur et l'existence d'un Namurien représenté par des faciès de régression.

En 1947, A.-F. de LAPPARENT traversait les grandes séries de la région de Bourharet et de l'Edjélé Tan In Azaoua et ramenait des faunes intéressantes qui furent étudiées par G. DELÉPINE. Elles indiquaient un Namurien bien daté et un Moscovien probable, basé sur la découverte d'un *Choristites* cf. *mosquensis*.

Du côté fezzanais, avant 1940, A. DESIO procédait à une reconnaissance assez rapide des séries primaires ; les faunes carbonifères récoltées alors furent étudiées en particulier par C. ROSSI, malheureusement d'une façon assez superficielle. Enfin, après 1943, plusieurs autres géologues, dont M. LELUBRE et N. MENCHIKOFF, apportaient des données nouvelles, sans entreprendre cependant d'études stratigraphiques détaillées.

Les affleurements

Aux séries carbonifères, correspondent les vastes étendues arides qui s'étendent sur plus de 700 km, depuis le S de Fort-Flatters (série de l'Edjélé Tan Elak) jusqu'au Fezzan (séries du Chati oriental). Ces immenses surfaces, recouvertes ici par deux grands ergs (Erg Issaouane et Edeyen d'Oubari prolongé par son apophyse de Bourarhet) ainsi que par d'importants placages de formations tertiaires ou quaternaires, ne présentent comme seuls reliefs, que les multiples petites cuestas de leurs séries monoclinales ou de leurs structures anticlinales.

Vers le S, le Carbonifère se poursuit jusqu'au N de Bilma, dans l'ensellement entre l'Ahaggar et le Tibesti (c'est-à-dire sur plus de 1.000 km) mais se trouve alors recouvert, dans toute sa partie centrale, par les grands plateaux de Grès de Nubie de la « cuvette fezzanaise ».

L'ensemble forme une province homogène, mais il est commode de distinguer le bassin Ajjer-Fezzan au N, d'une part, d'autre part, le Bassin de Madama, avec ses apophyses vers le S du Pays Ajjer et le S du Fezzan.

1. L'historique des premiers travaux sur le Carbonifère saharien a été donné par E. HAUG en introduction à son étude paléontologique des échantillons ramenés par F. FOUREAU ; voir les Documents scientifiques de la Mission transaharienne d'Alger au Tchad (Mission Foureau-Lamy), vol. III, p. 781-785.

I. LE BASSIN AJJER-FEZZAN.

Il s'étend sur tout le N du Pays Ajjer et sur tout le Fezzan occidental. On peut y distinguer plusieurs régions bien distinctes.

- 1) *Le N du Tassili n'Ajjer*, avec les affleurements de l'erg Issaouane et de l'Assekhaïf.
- 2) *La région de la frontière libyenne.*
- 3) *Le Zegher* et les affleurements de l'Edeyen d'Oubari.
- 4) *Le Fezzan nord-occidental*, avec les séries carbonifères qui s'étendent au pied de la Hamada el Homra, de Aouinet-Ouenin à Dembaba.
- 5) Enfin, *le Chati oriental.*

II. LE BASSIN TEBOU.

On peut grouper dans ce cadre tous les affleurements carbonifères au S d'une ligne allant de Rhat à Zouila, avec :

- 1) Dans la partie centrale, le *bassin de Madama s. str.*, pour les affleurements du Djado, en Afrique occidentale.
- 2) *Le sud-Fezzan*, avec les séries du Zeila et du Meherchema, dans le S même du Fezzan, se rattachant au Bassin de Madama à la hauteur de Ouigh el Kébir.
- 3) Enfin, au NW, le *sud du Pays Ajjer*, avec les affleurements du Djado occidental, d'El Ouar, de Salvador et de la base du Messak Mellet, faisant la liaison avec le Carbonifère Ajjer.

Description stratigraphique

A l'opposé des autres étages du Paléozoïque, le Carbonifère montre, pour la première fois dans les régions étudiées, une succession assez complexe de niveaux variés atteignant près de 1.000 m de puissance.

Il a été nécessaire, au cours de l'étude de cet étage, de subdiviser l'ensemble en plusieurs *séries provisoires*, caractérisées par leurs faciès et délimitées par des *niveaux-repères*, généralement des horizons calcaires correctement datés et à large extension.

Ce n'est qu'ultérieurement qu'ont pu être précisées des coupures stratigraphiques valables, basées sur des faunes plus ou moins abondantes. Cependant, du fait de la rareté des fossiles utilisables — des Goniates en particulier — ces coupures doivent être considérées comme provisoires et seuls certains horizons privilégiés sont, pour l'instant, datés avec précision. De minutieuses recherches seront encore nécessaires avant d'arriver à une stratigraphie définitive, autorisant de larges corrélations à travers tout le domaine nord-africain.

I. Le Bassin Ajjer-Fezzan

1) LE CARBONIFÈRE DE LA PARTIE N DU PAYS AJJER : ISSAOUANE ET ASSEKHAIFAF.

Le Carbonifère du N du Pays Ajjer constitue une épaisse série monoclinale, plongeant doucement vers le N-NE (avec un pendage moyen voisin du degré), en donnant de nombreuses petites cuestas à regard S ou SW. Dans la partie occidentale de l'erg Issaouane, autant du moins que les recouvrements récents permettent de l'affirmer, le Carbonifère semble se réduire légèrement et s'infléchir vers le N, cette remontée correspondant à l'approche de la dorsale d'Amguid.

On connaît encore une petite série carbonifère très réduite sur le flanc E de l'Edjélé Tan Elak : série argilo-gréseuse avec calcaires à entroques et calcaire organo-détritique à *Productus cf. vaughani* Muir-Wood, attribuable à un Tournaisien supérieur ou peut-être au Viséen inférieur.

Dans la région de l'oued Assekhaïfaf et le long de la piste allant de Fort-de-Polignac à Ohanet, les séries carbonifères sont généralement bien visibles. Par contre, vers l'W, les affleurements se trouvent recouverts par les dunes de l'Erg Issaouane, et ne réapparaissent que par endroits, au cœur des grands « gassi » alignés SW-NE, qui traversent toute la partie centrale de l'Erg, avant que de nombreuses formations récentes (calcaires lacustres tertiaires et quaternaires, grands épandages détritiques quaternaires...) ne viennent masquer définitivement les derniers affleurements visibles.

COUPE D'ISSAOUANE (DE L'OUED TEKHAMMAT A TIN ZAOUATEN).

Une première coupe fondamentale donnant la succession complète des séries carbonifères peut être levée légèrement à l'E de la piste allant de Fort-de-Polignac à Ohanet, approximativement le long du méridien 8°45' E. Cette coupe — *la coupe des Issaouane* — longue de près de 90 km, est malheureusement souvent imprécise du fait des recouvrements récents et de la difficulté d'estimer les épaisseurs avec des pendages de l'ordre du degré.

Le log suivant (fig. 37, page 120) résume l'ensemble des observations et montre la succession complète des différentes séries carbonifères.

On peut distinguer les ensembles suivants, valables pour toute la région de l'erg Issaouane :

1) SÉRIE D'ISSENDJEL (Tournaisien supérieur ? — Viséen inférieur) :

Elle est formée par une succession de grès assez fins, quelquefois à stratification entrecroisée, avec surfaces à ripple-marks, et d'argiles plus ou moins gréseuses, verdâtres. On y observe quelques bois ferruginisés non déterminables. Il s'y intercale quelquefois de minces passées calcaires, lenticulaires, souvent fossilifères (notamment sur la rive E de l'oued Tekhammat), avec :

Rhynchonella pleurodon Phillips,

Productus eg. cora,

Syringothyris cf. cuspidata Martin.

A quelques kilomètres au S d'Issendjel, de minces passées ferrugineuses ont fourni quelques petites Goniatices, en mauvais état (*Beyrichoceras* ?).

Plus haut, les niveaux gréseux se développent progressivement, déterminant alors les petits plateaux et les cuestas de l'Adjendo. Enfin, à une vingtaine de km au N d'Issendjel, près de l'aguelmam d'Issaouane, apparaissent des bancs de grès massifs passant aux « grès à champignons ».

Il s'agit de grès plus ou moins grossiers, souvent à stratification entrecroisée, passant à des grès plus fins, à ciment en partie calcaire, avec de grandes lentilles de calcaire gréseux gris. L'érosion de la partie supérieure de cet ensemble a laissé subsister ces dernières lentilles, en forme de grosses sphères atteignant 1 à 3 mètres de diamètre, donnant ainsi une morphologie caractéristique, à l'origine du terme « grès à champignons ».

Ces horizons (au nombre de deux en général) se suivent, vers l'W, sur une centaine de km, jusqu'au cœur de l'erg.

AGE DE LA SÉRIE D'ISSENDJEL.

Rien ne permet de dater la base de la série, qui se trouve surmonter les derniers grès du Tin Méras, à *Cyrtospirifer verneuilli* Murch. Il se peut que les premiers niveaux représentent le Tournaisien supérieur connu plus à l'E, mais ce n'est encore qu'une hypothèse. Les premiers horizons fossilifères, avec les *Productus* eg. *cora* et les *Syringothyris* ainsi que les *Beyrichoceras* caractériseraient plutôt, déjà, un Viséen inférieur.

2) SÉRIE DE L'OUED ASSEKHAIFAF (Viséen supérieur) :

Elle débute par une dalle de calcaire organodétritique, gris, à *Productus* semiréticulés ; puis, après un passage argilo-gréseux, apparaît un banc (épais de 1 mètre environ) de calcaire brun-rouge, particulièrement intéressant :

Il s'agit d'un calcaire organodétritique, avec des lentilles, franchement oolithique passant même à un calcaire bréchoïde, avec des éléments de calcaire oolithique remaniés. Il passe, à sa partie supérieure, à un calcaire à grain fin, quelquefois légèrement marneux, ocre-brun. Ce niveau est riche en fossiles divers, parmi lesquels on peut citer :

Productus antiquatus Sow.,
Productus semireticulatus Martin,
Gigantoproductus ? (en sections),
Spirifer striatus Martin,
Syringothyris cuspidata Martin,
Pachypteria sp.

ainsi que des Gastéropodes, des Lamellibranches, des Orthocères...

Vers l'W, dans l'erg, ce niveau se suit toujours, mais passe à des calcaires franchement cristallins, pourpres, à sections de Brachiopodes. A quelques km à l'E de la coupe, cet horizon passe à un niveau de calcaire à *Collenia*, qui prendra une grande importance dans la région de la frontière libyenne.

Un deuxième niveau identique réapparaît quelquefois au-dessus du précédent. Puis la série se termine par un ensemble d'argiles verdâtres, avec quelques bancs de calcaires organo-détritiques, gris-bleuté, plus ou moins lumachelliques. La première dalle a fourni une faune assez riche, avec notamment :

Gigantoproductus sp.,
Productus undatus Defrance,
Productus semireticulatus Martin,
Spirifer striatus Martin,
Spirifer gwinneri Frech (récolte C.R.E.P.S.),
Syringothyris cuspidata Martin,
Pachypteria sp.

La présence des *Gigantoproductus* permet de préciser l'âge viséen supérieur de la partie supérieure de cette série. D'autre part, nous verrons que les premiers niveaux calcaires d'Assek-haïfaf font suite, vers l'E, aux horizons à *Collenia*, à faune du Viséen supérieur.

3) SÉRIE DE L'OUED OUBARAKAT :

Au-dessus des niveaux précédents, se développent de grands ensembles gréseux : grès assez grossiers, à stratification entrecroisée, avec des bois ferruginisés. Quelques bancs calcaires à lumachelles viennent s'intercaler au milieu de ces grès qui forment de nombreux petits plateaux dans la région de l'oued Oubarakat.

La partie supérieure de la série est presque essentiellement argilo-calcaire : argiles grises ou vertes, marnes et passées de calcaires gris ou bleutés. Certaines lentilles calcaires et les niveaux marneux sont souvent très fossilifères, particulièrement vers l'W, à l'intérieur de l'Erg :

Gigantoproductus sp.
Productus latissimus Sow.
Productus cora d'Orb.

et le cortège des grands Polypiers :

Dibunophyllum,
Caninia,
Paleosmilia.

Une deuxième dalle de calcaire dolomitique beige apparaît vers le haut de la série et se suit jusque dans le N de l'Erg Issaouane. La série se termine par des argiles plus ou moins gréseuses, ocre-jaune.

L'ensemble de ces niveaux avait été attribué, d'après la faune de *Productus* et de Polypiers, au Viséen supérieur typique ; nous verrons plus loin, lors de la discussion générale sur la stratigraphie du Carbonifère, compte tenu des études nouvelles sur des bassins carbonifères plus privilégiés (Bassins du sud-Oranais, C. PAREYN, 1962) et des données récentes apportées par les microfaunes, qu'il devient nécessaire de « monter » la plus grande partie de la série de l'oued Oubarakat dans le Namurien.

4) SÉRIE D'EL ADEB LARACH OU « SÉRIE DES CALCAIRES MULTICOLORES » :

Au-dessus de la succession argilo-calcaire précédente, se développe un ensemble de calcaires dolomitiques, plus ou moins gréseux, ocre, beige, gris, violacés ou pourpres, alternant avec quelques passées de grès et d'argiles ocre. Cette série, décrite dès 1952, sous le nom de « *Série des calcaires multicolores* », puissante d'une centaine de mètres le long de la coupe étudiée ici, forme une falaise continue qui se suit depuis la région de Tin Essameïd jusqu'à la piste d'Ohanet. Plus à l'W, elle semble se réduire sensiblement, tandis qu'apparaissent de nombreux grès et argiles.

Les niveaux fossilifères sont assez nombreux (avec des *Metacoceras*, *Sagittoceras* (?), de nombreux *Productus*, *Spirifer*, des Gastéropodes, etc.). Ces séries, mieux développées plus à l'E, seront étudiées en détail lors de la coupe de Tin Essameïd et de celles de l'Edjélé Tan In Azaoua.

À l'E de cette coupe des Issaouane, le Carbonifère affleure largement jusqu'à la frontière libyenne ; les séries de base, argilo-gréseuses, se réduisent alors sensiblement tandis que les ensembles calcaires du Viséen supérieur et du Namurien s'épaississent et s'étalent sur de grandes surfaces.

Deux coupes importantes vont nous donner ici la succession complète des séries carbonifères : une première coupe levée au N du Tihemboka pour les séries inférieures jusqu'au Viséen supérieur et une deuxième, plus au N, à travers l'anticlinal de Tin Essameïd pour le reste du Viséen supérieur et le Namurien.

a) COUPE DE ANOU SOUGUED-IKEBRAN.

Le log suivant (fig. 38, p. 122) résume l'ensemble des observations et donne la succession des niveaux carbonifères jusqu'aux « Grès de l'Ikebran ».

On peut y distinguer les séries suivantes :

1) LE TOURNAISIEN DU TIHEMBOKA :

Sous les terrasses miopliocènes et quaternaires qui dominent les maâders du Tihemboka, à une quinzaine de km au N de Tan-Kéna, apparaît, transgressif sur le Gothlandien, un niveau rouge, ferrugineux, très riche en fossiles ; par endroits, il repose en discordance angulaire, faible mais indiscutable, sur les argiles gothlandiennes.

Peu épais (de 0,20 à 0,50 m), ce niveau est formé d'argile rouge (kaolinite en majeure partie) dans laquelle s'observent de nombreuses oolites ferrugineuses. Un ciment ferrugineux peut parfois agglomérer l'ensemble en lentilles compactes. Ces argiles renferment également de nombreux petits galets, souvent bien roulés, de grès, d'argiles, voire d'argile à oolites ferrugineuses durcie et remaniée sur place, ainsi que de petits nodules phosphatés.

Parmi les nombreux fossiles de ce niveau, souvent brisés et roulés, on peut citer :

Spirifer tornacensis de Koninck,

Spirifer bisulcatus Sowerby,

Punctospirifer laminosus Mac Coy,

Syringothyris cuspidata Martin,

Athyris lamellosa Lèveillé,

ainsi que des :

Productus (Pustulés et semiréticulés),
Chonetes,
 Polypiers (*Michelinia*, etc.),
 Gastéropodes,
 Nautilus et Orthocères,
 Trilobites (*Phillipsia* sp.),
 des dents de Poissons (Cestracionidés),
 des bois ferruginisés indéterminables.

Il n'a malheureusement pas été possible de découvrir une seule *Goniatite* pour préciser l'âge de la série. L'ensemble de la faune présente un caractère dinantien, la plupart des espèces étant communes au Tournaisien et au Viséen. Les nombreux *Spirifer tornacensis* permettent cependant de se prononcer en faveur d'un âge tournaisien supérieur à peu près certain (Cl. PAREYN, 1958).

2) SÉRIE DE ANOU SOUGUED :

Le niveau de transgression est recouvert par une série argilo-gréseuse (bien développée notamment dans la région de l'oued In Takoufi) avec quelques lumachelles calcaires à *Productidés* dans la partie supérieure ; c'est l'équivalent de la série d'Issendjel.

3) LES NIVEAUX A *COLLENIA* :

Dans le haut de la grande falaise au N de Anou Sougued, apparaissent plusieurs bancs de calcaires ondulés, plus ou moins concrétionnés, alternant avec des argiles et des grès. Ce sont les *calcaires à Collenia* ; ceux-ci se présentent le plus souvent sous deux faciès particuliers :

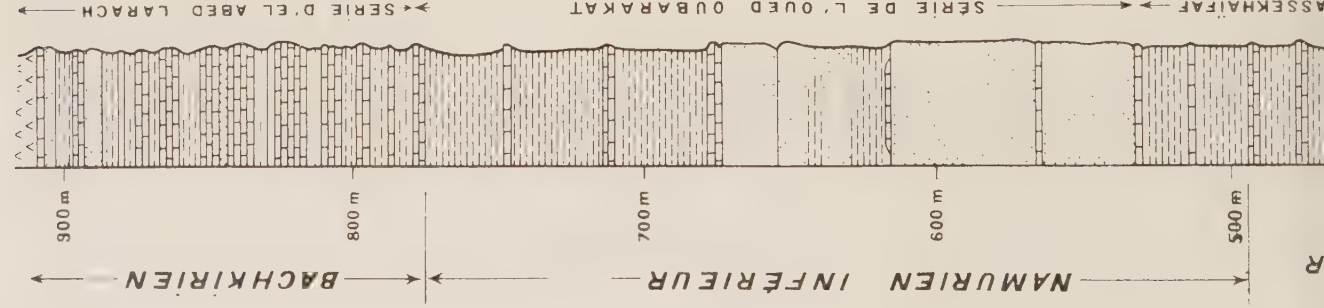
— soit sous forme de grandes calottes sphériques, de 1 à 5 m de diamètre, accolées les unes aux autres. Ce type de *Collenia* se développe plus spécialement vers l'E, en direction de la frontière libyenne. Les grandes sphères calcaires peuvent former plusieurs niveaux, séparées par de petites passées d'argiles ou même de grès.

— soit sous forme de vastes feuillets ondulés, empilés les uns sur les autres, avec intercalation d'argile verdâtre, gypseuse, ou de grès, quelquefois à stratification entrecroisée.

En sections polies ou en lames minces, les *Collenia*, formés par un calcaire fin, gris-bleuté, brun-roux ou beige, parfois silicifié, présentent une structure laminaire, à convexité tournée vers la partie supérieure. Aucune structure organisée n'a pu être décelée, ni aucune trace de matière organique.

Ces *Collenia* se rapprochent beaucoup des formes décrites par C.-L. et M.-A. FENTON (1937) dans le Beltien des Montagnes Rocheuses (notamment de celles décrites sous le nom de *Collenia expansa*) ainsi que de celles étudiées par V.-P. MASLOV (1937-1939-1953) dans le Cambrien et le Silurien de la Plate-forme sibérienne (surtout des formes décrites sous le nom de *Collenia illimica*).

Les calcaires à *Collenia* passent, à leur partie supérieure, à des calcaires massifs, souvent oolithiques, parfois bréchiques (brèches de remaniement intraformationnel, avec parfois des fragments de *Collenia* roulés et encroûtés). Ils sont surmontés par des calcaires cristallins,



Argiles à gypse de la « Série de Tiguentourine ».
Calcaire dolomitique et grès fins ocrés.

Série des « calcaires multicolores ».

Alternances de calcaires dolomitiques beiges ou violacés, souvent gréseux, de calcaires à radiolites d'Oursins et à encrines et d'argiles gréseuses ocrés ; quelques niveaux de grès fins.

Calcaire dolomitique gréseux, ocre et argiles sableuses ocrés.

Calcaire dolomitique beige.

Argile marneuse, gris-vert.

Calcaire gris bleuté, en plaquettes.

Argile marneuse, verdâtre.

Calcaire bleu, parfois lumachellique.

Grès grossiers, à stratification entrecroisée.

Calcaire bleu-violacé, lenticulaire.

Grès grossiers, à stratification entrecroisée.

Calcaire bleu-violacé.

Grès clairs, en plaquettes ; stratification entrecroisée.

Calcaire lumachellique, à encrines

Calcaire lumachellique gris-bleuté

Calcaire bleu et ocre à Gastéropodes

Calcaire bleu, parfois lumachellique.

Pr. semiréticulés
Pr. pustulés

Pr. cora
Pr. latissimus
Sp. trigonalis
Metascoceras
Bellerophon

Gigantoproductus

Pr. latissimus

Caninia

Dibunophyllum

Pr. e.g. cora

Bois

Bois

Pr. semiréticulatus

Pr. antiquatus

Sp. bisulcatus

Gigantoproductus

Pr. undatus

Pachypteria

Sp. awinneri

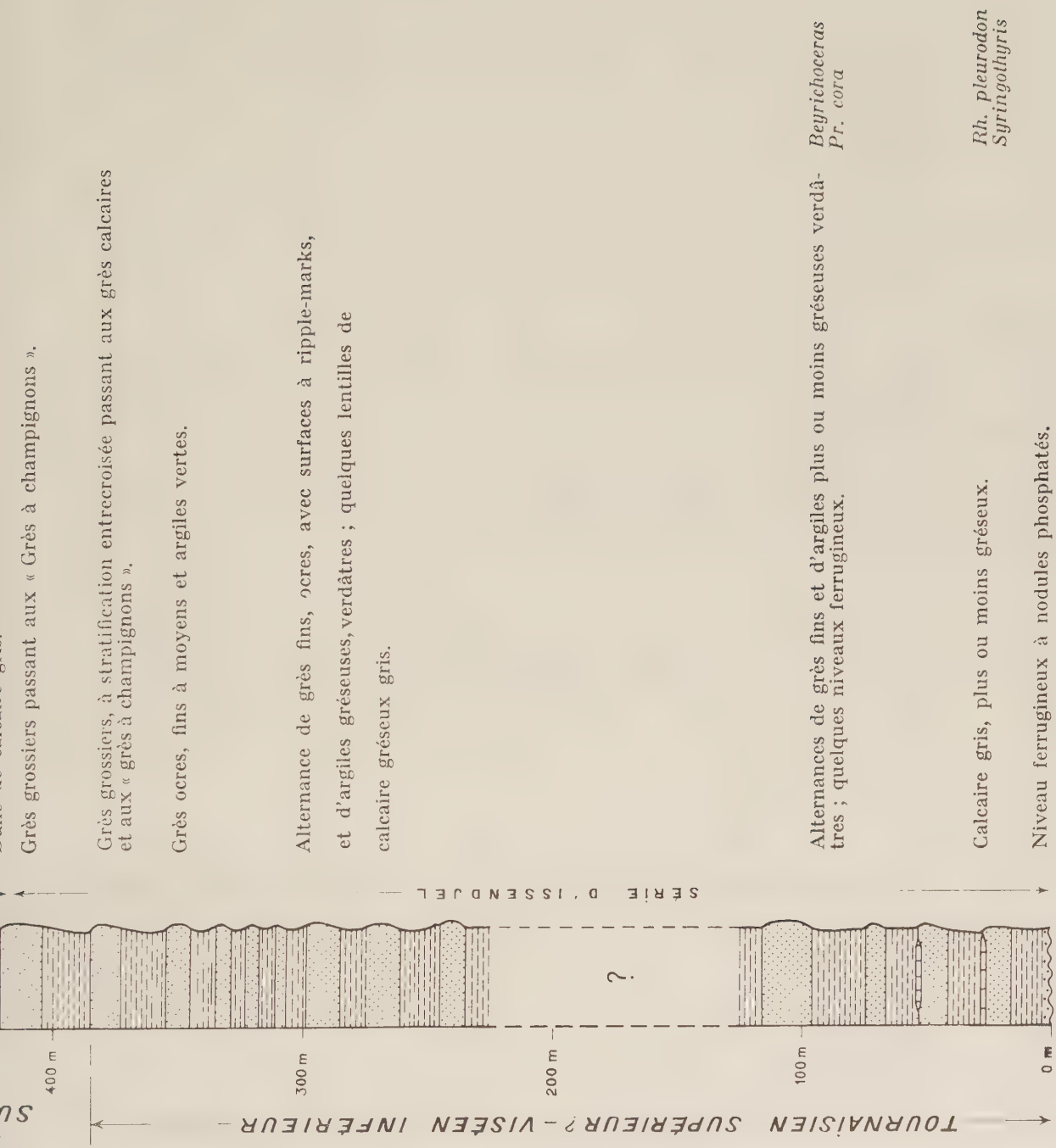


Fig. 37. — Log des séries carbonifères des Issaouan, du S d'Issendjel à l'W de Bourarhet.

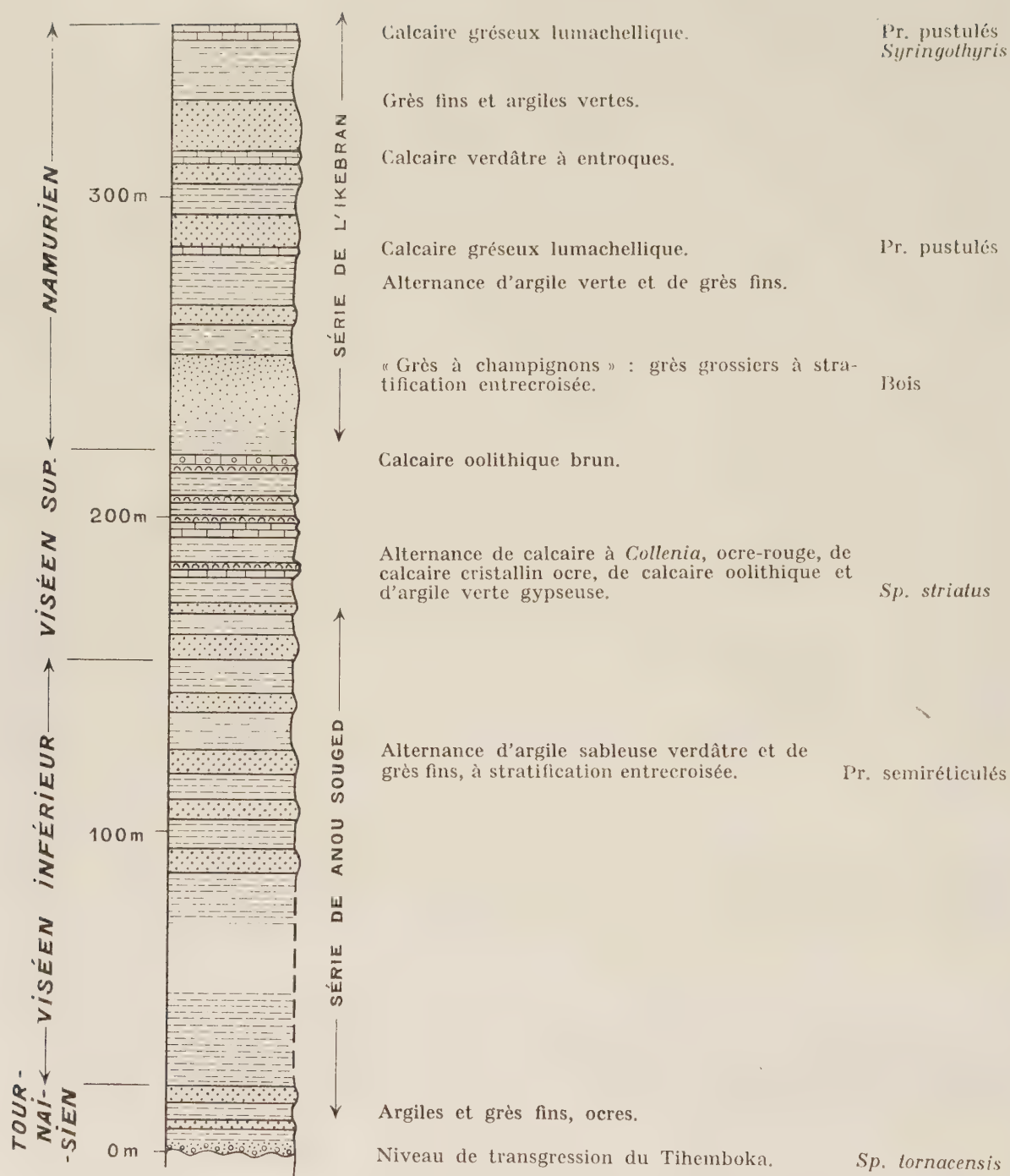


Fig. 38. — Log des séries carbonifères du Tihemboka à l'Ikebran (coupe de Anou Soug' éd).

brun-rouge, renfermant encore quelques oolithes ; on y observe de fines stratifications obliques et entrecroisées qui témoignent d'un dépôt en milieu agité. Ces calcaires renferment des sections de grands Productidés.

4) SÉRIE DE L'IKEBRAN :

Les derniers calcaires oolithiques de la Série à *Collenia* sont recouverts par des argiles verdâtres et des grès passant à des grès calcaires (« grès à champignons » supérieurs). Quelques dalles calcaires s'intercalent à la partie supérieure de la série, avec des Productidés, dont de très nombreux *Pr. Echinoconchus punctatus* Martin. C'est cet ensemble qui forme notamment les Gour Ikebran.

b) COUPE DE TIN ESSAMEID.

A 50 km au N de la coupe précédente, l'anticlinal de Tin Essameïd, en bordure de l'Erg Bourarhet, permet d'étudier une coupe détaillée de la partie supérieure des séries carbonifères.

Au NW du petit « dôme à *Collenia* » de l'oued Tissit, recouvrant directement ce dernier niveau de calcaires à Stromatolithes, affleure une série argilo-gréseuse, avec lumachelles calcaires, qui représente à peu près l'équivalent des séries de l'Ikebran et de l'oued Oubarakat, définies précédemment. On a ainsi, de bas en haut :

— directement sur les calcaires à *Collenia*, des argiles vertes, puis le niveau supérieur des « grès à champignons ».

— vient ensuite un ensemble d'une centaine de mètres, avec des argiles vertes, souvent gypseuses, et des grès, soit massifs, soit en plaquettes. Il s'y intercale généralement 2 ou 3 niveaux calcaires passant à de véritables lumachelles à Productidés (Semiréticulés et Pustulés), *Spirifer*, Gastéropodes, etc.

C'est à ce niveau que commence la coupe levée à travers l'anticlinal de Tin Essameïd, à une quinzaine de kilomètres à l'W du Dôme à *Collenia*. Cette coupe est résumée dans le log suivant (fig. 39).

On peut y distinguer deux séries distinctes :

1) SÉRIE DE TIN ESSAMEID :

Elle est représentée par un ensemble d'argiles verdâtres, souvent gypseuses, avec de nombreuses passées de grès. On y observe 4 à 5 dalles calcaires passant à des lumachelles, avec des Productidés, des *Spirifer*, des *Syringothyris*, des Nautes (*Metacoceras* cf. *costatum*), de nombreux débris de Bryozoaires, etc.

Cette série se termine par des marnes blanchâtres, avec des dalles de calcaire dolomitique ocre-beige.

2) SÉRIE DES « CALCAIRES MULTICOLORES » :

Comme à la hauteur d'El Adeb Larach, elle débute par des grès et des argiles sableuses ocres. Puis apparaissent, alternant encore avec des argiles sableuses brunes, des calcaires dolomitiques en dalles, avec lits à entroques et localement petits poudingues à éléments calcaires. Le sommet de la falaise de Tin Essameïd montre enfin une succession de calcaires souvent dolomitiques, ocres, beiges, mauves ou violacés, bleutés ou même rougeâtres, presque toujours plus ou moins gréseux, fréquemment fossilifères, avec de nombreux lits à Entroques et des passées de lumachelles à Productidés et Gastéropodes.

D'une manière générale, ce sont des calcaires à grain fin ; tandis que certains niveaux ne renferment que de très rares quartz détritiques (généralement d'assez grande taille, de 0,5 à 1 mm), d'autres horizons se présentent comme de véritables grès calcaires, avec de très nombreux quartz détritiques, le plus souvent de petite taille, de 0,05 à 0,4 mm. Ces détritiques, répartis en petits lits épais de 1 à 2 mm en moyenne, présentent presque toujours des phénomènes de « graded-bedding » ; on y observe également assez souvent des microstratifications entrecroisées.

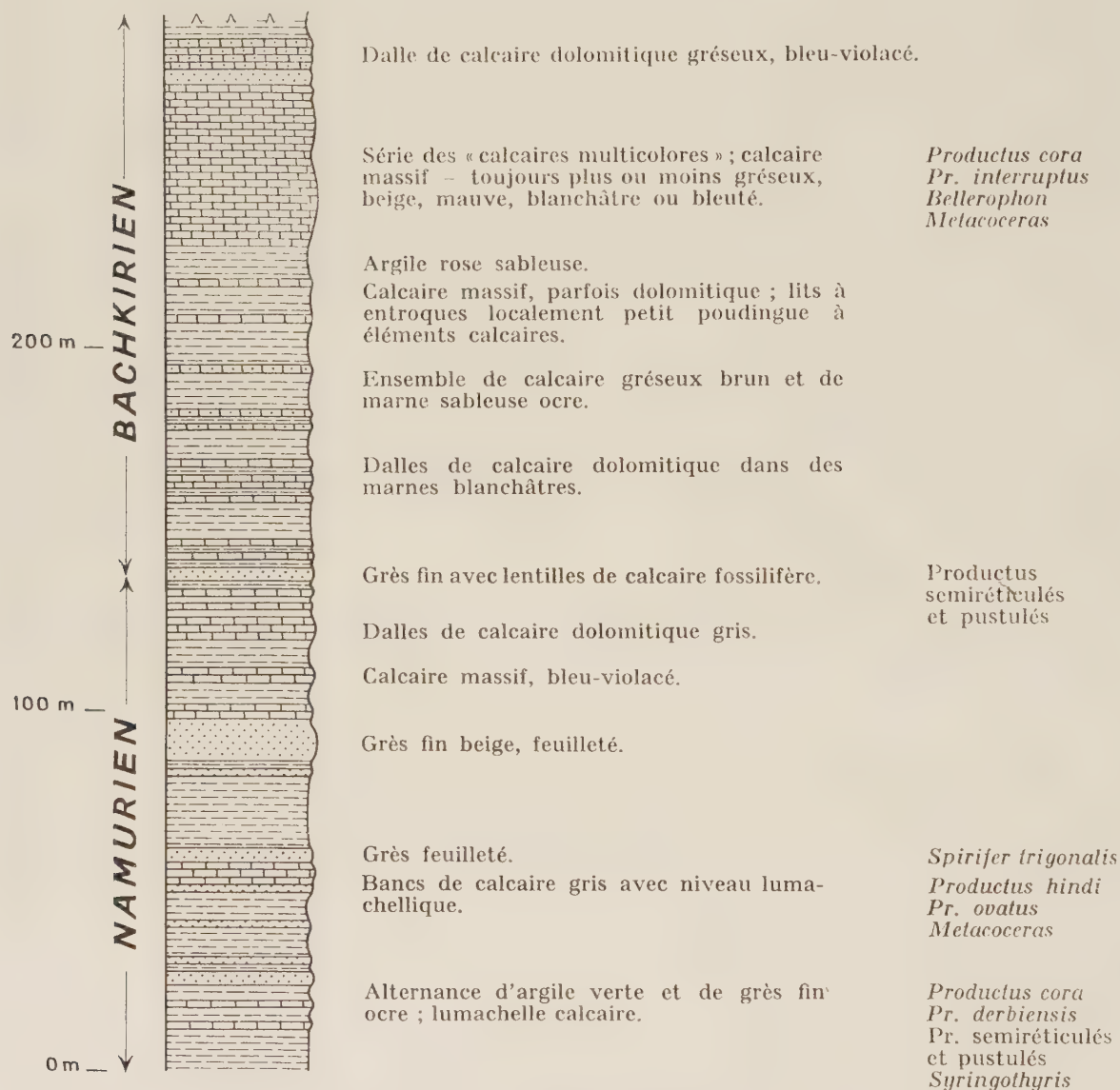


Fig. 39. — Log des séries carbonifères de Tin Essameid (Viséen supérieur et Namurien).

J'ai levé une coupe plus détaillée de cette série des « calcaires multicolores » sur le flanc W de l'anticlinal de Tin Essameïd. De nombreux échantillons ont été récoltés pour étude de la microfaune. Le log ci-dessus donne la succession de ces niveaux (fig. 39).

Si à peu près tous les horizons ont fourni des micro-organismes, certains se sont révélés particulièrement riches en foraminifères¹ :

a) Les deux premières barres calcaires ne fournissent que de petites *Globivalvulines* et des *Plectogyra* (échantillons 55.79 et 55.72) ;

b) Un autre banc de calcaire dolomitique intercalé dans les argiles ocrees montre une association de *Paleotextulariidae*, de *Bradyina* et de *Plectogyra*, avec apparition de nombreuses *Profusulinella*.

c) Les horizons suivants, essentiellement calcaires, renferment de très nombreux foraminifères, dont :

Bradyina (à espace interseptal important et lamelle préseptale nette),
Plectogyra petits, à forte distorsion, peu de loges et nodosités,
Globivalvulina soit évolutés, soit à spire basse et paroi différenciée,
Brunsiella,
Ammodiscus,
Ammovertella,
Paleotextulariidae,
Glomospira,
Bigenerina,
Deckerella,
Profusulinella petites, toujours abondantes.

d) Vers le haut de la série, plusieurs autres horizons fournissent toujours de nombreux foraminifères :

Brunsiella,
Glomospira,
Globivalvulina évolutés ou à spire basse,
Ammodiscus,
Paleotextulariidae,
Bradyina.

Sur l'ensemble de cette microfaune, M. LYS et B. SERRE apportent les précisions suivantes :

- *AMMODISCIDAE* : *Brunsiella*, *Ammodiscus*, *Glomospira*, *Ammovertella*. Les formes rencontrées sont comparables à celles qui ont été décrites dans le Carbonifère moyen de la Plateforme russe (REITLINGER, 1950).

— *GLOBIVALVULINA* : La forme la plus fréquente est petite, très évoluée et à croissance extrêmement rapide. Elle ne compte que 3 à 5 loges dont la dernière est proportionnellement très grande. Cette forme est à rapprocher de *Globivalvulina scaphoïdea* décrit par REITLINGER (1949) dans le Mesocarbonifère inférieur.

— *BRADYINA* : La grosse majorité des individus de ce genre est à rapprocher de *Bradyina cribrosomata* RAUSER et REITLINGER (1937). Elle s'en distingue par sa petite taille et ses loges moins nombreuses au dernier tour.

1. Toutes les déterminations sont dues à M. LYS et Mme B. SERRE (Laboratoire I.F.P.) que je suis heureux de pouvoir remercier à nouveau ici.

— *PLECTOGYRA* : Les individus rencontrés sont comparables à ceux du Westphalien des Asturies. Fortement distordus, ils sont petits, et ont peu de loges et peu de tours. La spire est épaissie par des nodosités plus ou moins développées. Dans la dernière loge, un crochet est quelquefois présent. »

2) LE CARBONIFÈRE DE LA FRONTIÈRE LIBYENNE.

La région de la frontière libyenne coïncide avec la grande dorsale subméridienne qui s'étend du N de Djanet jusqu'au-delà de l'Edjélé Tan In Azaoua. Cette dorsale se trouve jalonnée par une suite de grands anticlinaux qui paraissent liés à de vieux accidents du socle cristallin qui auraient joué pendant tout le Paléozoïque.

La carte ci-contre (fig. 40) donne un aperçu de la structure de ces régions. On peut y distinguer un faisceau principal, avec les anticlinaux du Talagrouna, de l'oued Amasralad, de Tin Hieddan et de l'Edjélé Tan In Azaoua, et les anticlinaux secondaires de l'oued Tissit, de l'oued Tahabat et de Tin Essameïd, ainsi que ceux de direction NW-SE de l'oued Amasralad à l'Ikebran. Vers l'E, en Libye, un deuxième faisceau de structures moins importantes, allant de la région de Anou Souis à l'Adrar Ben Drieh (anticlinaux de Ouan Atchan, de Anou Djeramna, de Tiririne, etc.) complète l'axe principal.

Nous commencerons par étudier le Carbonifère de la partie centrale, c'est-à-dire de la région de Tin Hieddan. C'est là que les corrélations avec les séries occidentales étudiées précédemment sont les plus faciles. Dans le N, l'Edjélé Tan In Azaoua nous fournira ensuite une coupe complète de la partie terminale des séries carbonifères.

Vers le S, une série de coupes allant de la région de Serdélès au périclinal nord du Talagrouna, complétées, pour le Viséen supérieur et le Namurien, par d'autres coupes des séries de la région de Anou Souis et de Tiririne, nous montrera l'évolution des séries carbonifères dans le SE du Bassin Ajjer.

D'une manière générale, dans toutes ces régions, les flancs redressés des anticlinaux permettent le levé de coupes précises, avec des estimations correctes des épaisseurs.

a) LE CARBONIFÈRE DE L'ANTICLINAL DE TIN HIEDDAN.

L'anticlinal de Tin Hieddan (ou de Ti Haliouine) se présente comme une grande structure dissymétrique, allongée NNW-SSE, d'une trentaine de kilomètres de longueur. Le flanc E est nettement redressé et faillé, avec des pendages atteignant 30°.

Un peu au S du puits de Ti Haliouine, à travers les séries visibles dans la partie droite de la photo (Pl. XII, fig. 1), on peut lever la coupe suivante, synthétisée dans le log et la coupe figurés plus loin (fig. 41 et 42).

Les séries carbonifères sont ici complètes, allant de l'horizon de transgression aux gypses du sommet. Plusieurs grands ensembles s'individualisent, très voisins de ceux mis en évidence plus à l'W :

1) LES NIVEAUX DE BASE :

De grandes lentilles ferrugineuses intercalées à la partie inférieure argilo-gréseuse, renferment de nombreux fossiles :

Productus multispiniferus Muir-Wood,

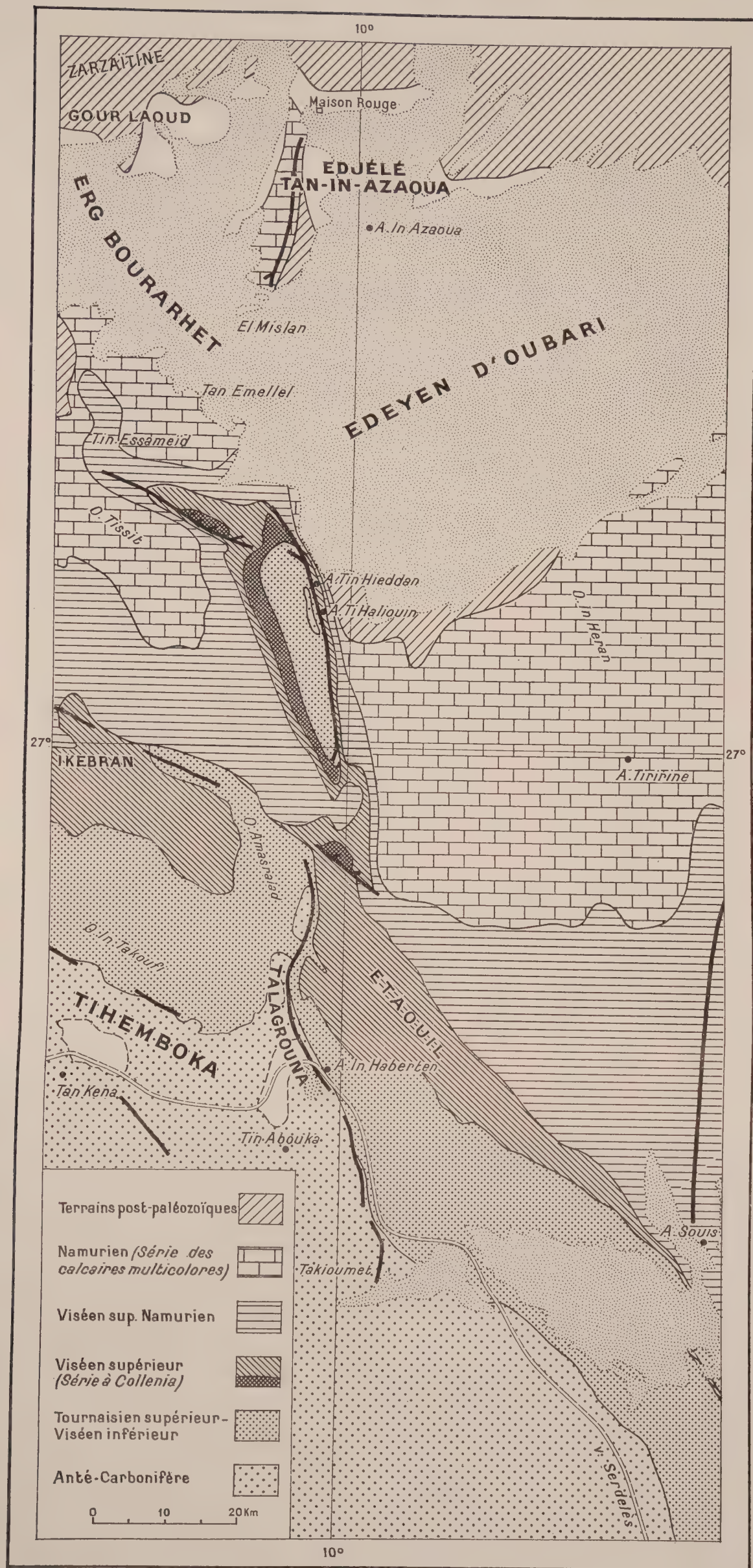


Fig. 40. — Carte du Carbonifère de la frontière lybienne.

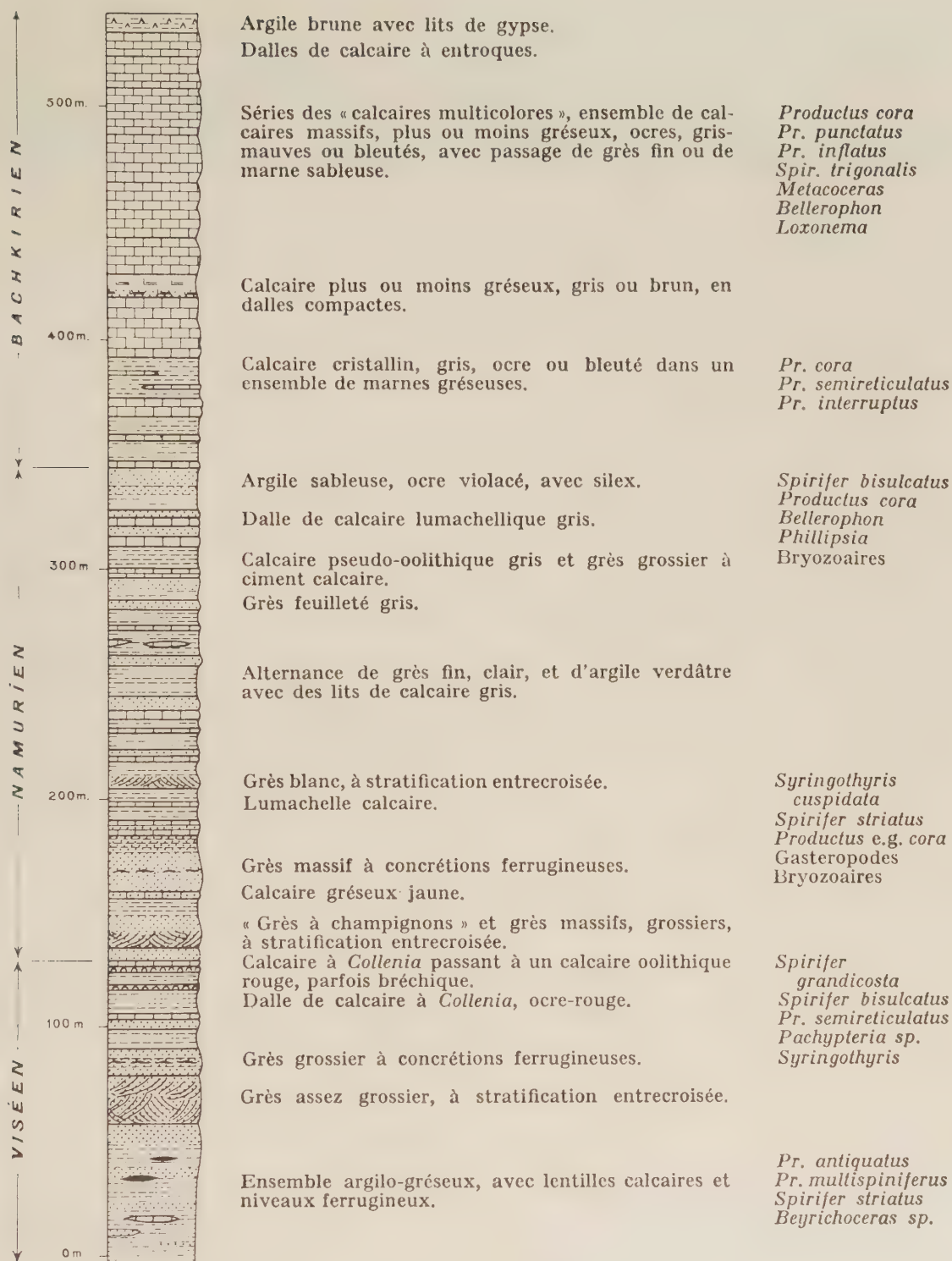


Fig. 41. — Log des séries carbonifères de Tin Hieddan.

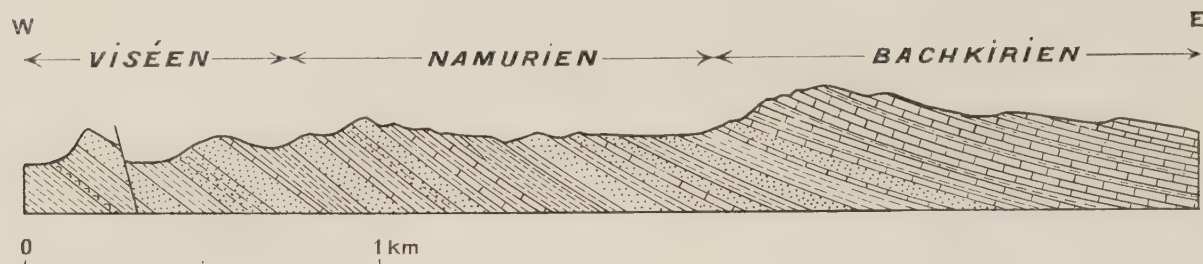


Fig. 42. — Coupe du Carbonifère de Tin Hieddan sur le flanc E de l'anticlinal.

Productus antiquatus Sow.,
Productus undatus DeFr.,
Productus cf. *vaughani* Muir-Wood,
Spirifer striatus Martin,
Productus semireticulatus Martin,
Chonetes aff. *papillonacea* Phill.,
Reticularia elliptica Phill.,
Hapsiphyllidae sp.,
Phillipsia sp.

ainsi que de petites Goniatites actuellement en cours de détermination.

Les *Productus* (*Pr. undatus*, *Pr. antiquatus*, etc.) ainsi que le *Spirifer striatus* sont connus dans tout le Viséen. Les premières faunes incontestables du Viséen supérieur n'apparaissent qu'un peu plus haut, avec les horizons à *Collenia*. On pourrait donc admettre que ces niveaux de base représentent le Viséen inférieur, la transgression dinantienne n'ayant recouvert ici la dorsale de la frontière libyenne qu'avec un certain retard par rapport au Tihemboka.

Plus haut, s'intercalent de nombreux horizons, souvent lenticulaires, de grès assez grossiers, à bois fossiles, dont le premier niveau de « grès à champignons », bien développé par exemple dans le périclinal nord (il se remarque alors, grâce à sa morphologie, même sur les photographies aériennes), ainsi que quelques minces lumachelles.

2) LES NIVEAUX A COLLENIA (Pl. XIII) :

Ils sont assez réduits par rapport aux séries de Anou Sougued par exemple. On ne retrouve que deux horizons de calcaires à *Collenia*, passant comme toujours à des calcaires oolithiques ou organodétritiques, bruns ou rougeâtres (chaque banc est épais de 2 à 3 m au maximum). On observe fréquemment des débris de Brachiopodes dans ces calcaires oolithiques ou même dans des lentilles calcaires encroûtées par les *Collenia* ; on peut notamment y distinguer :

Productus semireticulatus Martin,
Spirifer grandicosta Mc Coy,
Spirifer bisulcatus Sow.,
Syringothyris cuspidata Martin,

ainsi que d'assez nombreux fragments de *Pachypteria* sp.

3) Ces niveaux à *Collenia* se trouvent surmontés par des grès plus ou moins grossiers, passant aux « grès à champignons » supérieurs, puis par un ensemble argilo-gréseux, avec de nombreuses dalles calcaires assez minces, souvent lumachelliques, à Brachiopodes, Gastéropodes et Bryozoaires. C'est l'équivalent de la série de Tin Essameïd.

4) LA SÉRIE DES « CALCAIRES MULTICOLORES » :

Ici encore, on peut faire débiter cette série par un niveau d'argile sableuse ocre-violacé, à petits silex jaunes. On retrouve ensuite le même ensemble de calcaires plus ou moins gréseux, dolomitiques, ocres, bruns, gris, mauves ou bleutés, avec passées de grès fins ou de marnes sableuses. Vers le haut, apparaissent plusieurs niveaux à Entroques, ainsi que des lumachelles à Gastéropodes. Ces calcaires sont souvent fossilifères et fournissent une faune identique à celle de Tin Essameïd, avec les mêmes Productidés, les *Metacoceras*, etc.

b) L'ANTICLINAL DE L'EDJÉLÉ TAN IN AZAOUA.

A une trentaine de kilomètres au N de l'anticlinal de Tin Hieddan, émerge, d'un ensemble de hautes dunes formant l'erg de Bourarhet ainsi que celui de la région d'In Azaoua, un grand relief anticlinal, l'*Edjélé Tan In Azaoua*. De direction sensiblement subméridienne, dissymétrique, faillé sur son flanc E, il s'allonge à proximité de la frontière libyenne, sur plus de 25 km du N au S, avec une largeur moyenne de 5 à 7 km.

Le flanc W plonge doucement avec des pendages de 2° à 4° en moyenne, avant de disparaître sous les dunes de l'erg Bourarhet, tandis que le flanc E est nettement plus incliné, avec des pendages de 20° à 25°. Une grande faille NS, affecte ce flanc sur toute sa longueur, abaissant le panneau E.

(Voir fig. 43 page 130.)

L'anticlinal présente deux culminations d'axe très nettes : la plus importante se trouve dans la partie N, coïncidant avec les reliefs les plus élevés (Gara cotée 649 sur la nouvelle carte au 1/200.000 de l'I.G.N.), la deuxième culmination se produit à une dizaine de kilomètres plus au S, déterminant un sommet secondaire.

La coupe suivante, effectuée suivant un profil EW et tenant compte des données publiées par la C.R.E.P.S. sur ses forages, montre la structure générale de cet anticlinal.

(Voir fig. 44 page 131.)

LES SÉRIES STRATIGRAPHIQUES.

On peut distinguer trois ensembles bien individualisés :

— à la base, les « calcaires multicolores ». Ils forment l'ossature visible de l'anticlinal ; ils affleurent notamment dans toute la partie S, depuis le top principal jusqu'au périclinal S.

— puis, une série argilo-calcaire constitue toute la zone centrale de l'Edjélé.

— à la partie supérieure, une série argilo-gréseuse, avec quelques passées de calcaire dolomitique, couronne le tout (top principal de l'Edjélé et périclinal nord).

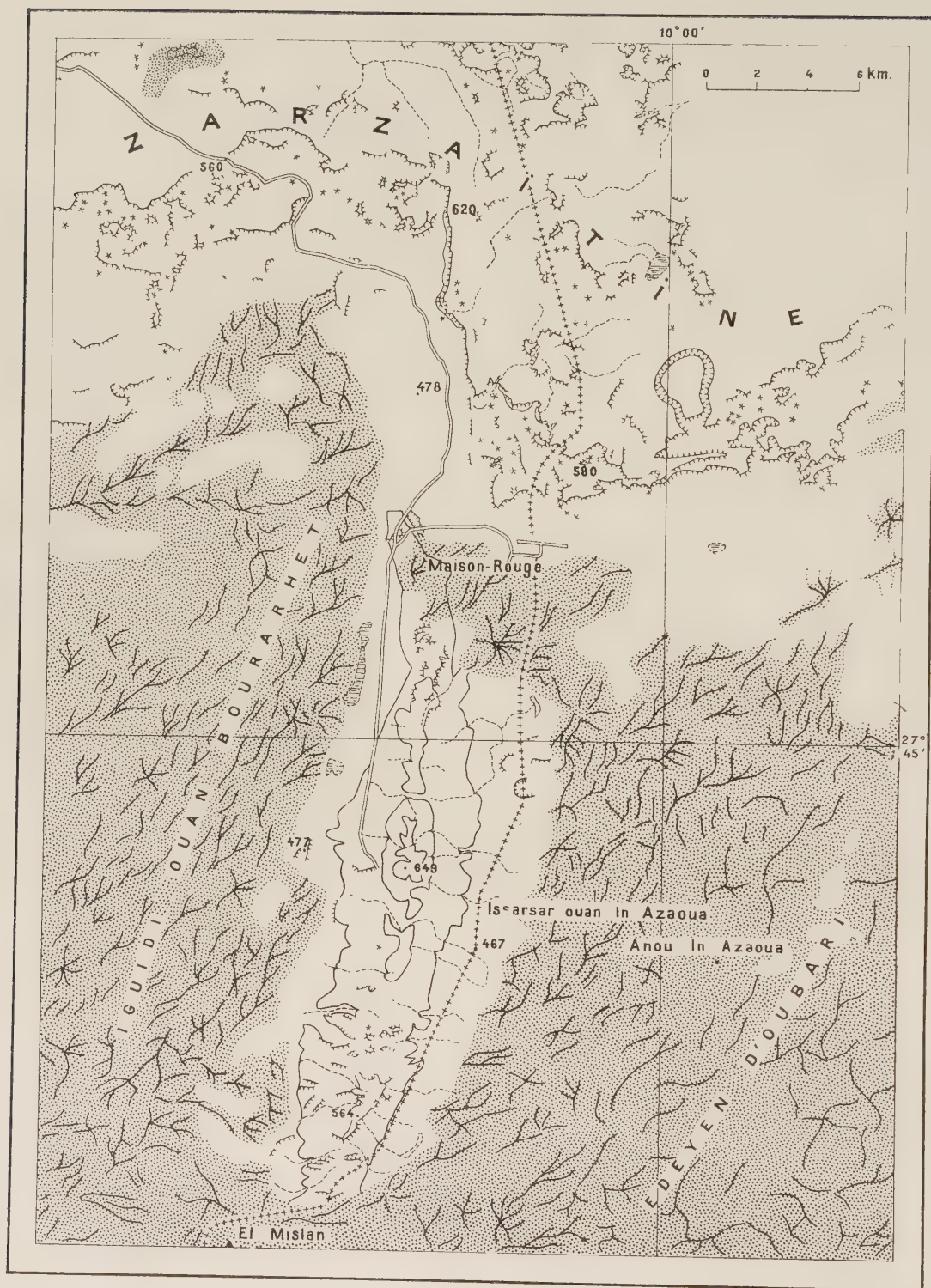


Fig. 43. Carte de la région de l'Edjélé Tan in Azaoua.

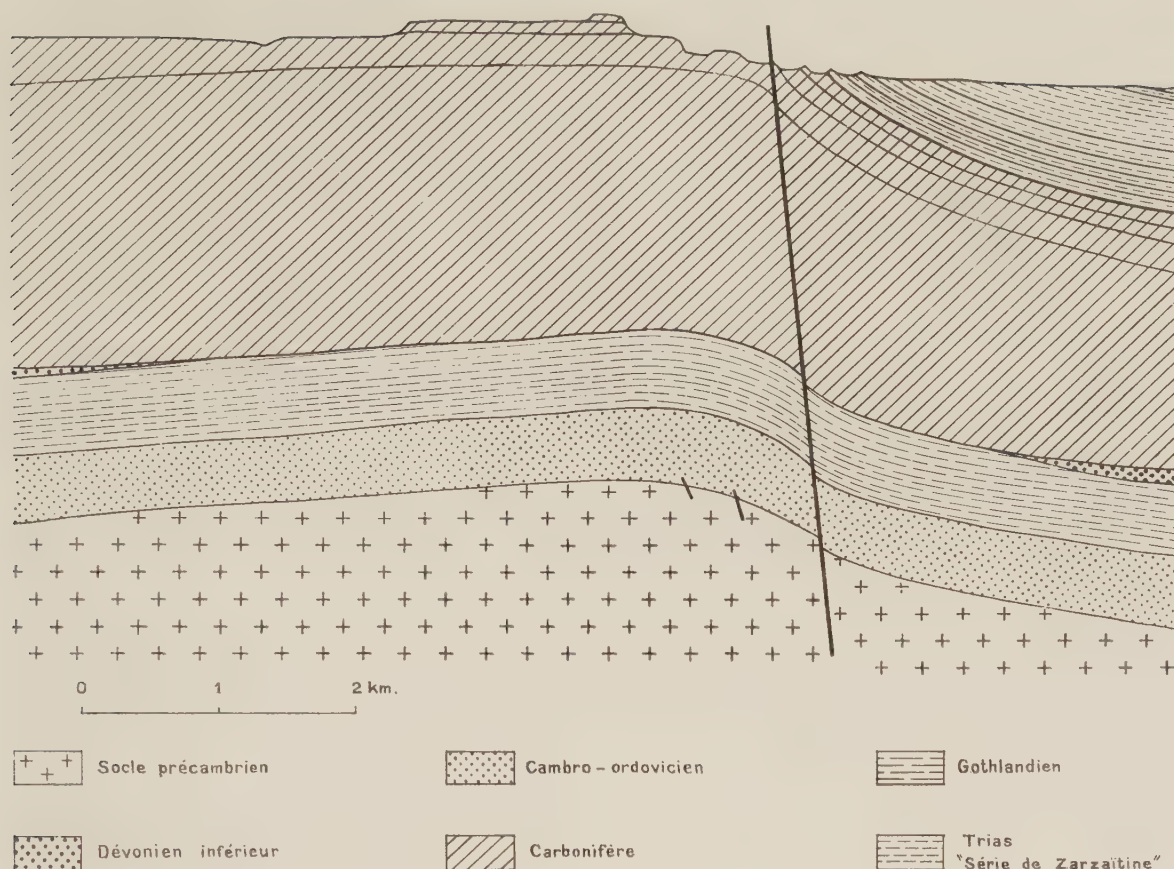


Fig. 44. — Coupe schématique à travers l'anticlinal de l'Edjélé Tan in Azaoua.

1) LES « CALCAIRES MULTICOLORES » ET LA SÉRIE ARGILO-CALCAIRE :

Les ravins du flanc W, à la hauteur de la Gara 680, fournissent une coupe détaillée de la partie supérieure des « calcaires multicolores » et de la série argilo-calcaire (fig. 45).

1) partie supérieure des « calcaires multicolores » : calcaires massifs, ocres, bruns, violacés, passant à des calcaires massifs, cristallins, bleutés ou gris ; ces calcaires sont souvent riches en quartz détritiques. Certains niveaux renferment de nombreux Brachiopodes notamment des *Productidés* (*Pr. gr. cora*, etc.) et des *Spirifer*.

2) argile gréseuse avec petites intercalations gypseuses.

3) dalle de calcaire compact, gris, fétide.

4) alternance d'argiles sableuses grises et de dalles de calcaire.

5) alternance d'argiles sableuses gris-vert, avec petits bancs de gypse, et de dalles de calcaires gris, compacts, assez minces.

6) argiles plus ou moins sableuses, grises ou vertes, quelquefois marneuses.

7) dalle de calcaire compact, gris ou gris verdâtre, quelquefois fossilifère (*Bellerophon*, etc.) ; quelques ripple-marks ; ces calcaires, souvent chargés de quartz détritiques, présentent des stratifications entrecroisées.

8) argiles plus ou moins sableuses, gris-verdâtre, avec nombreux petits cristaux de pyrite.

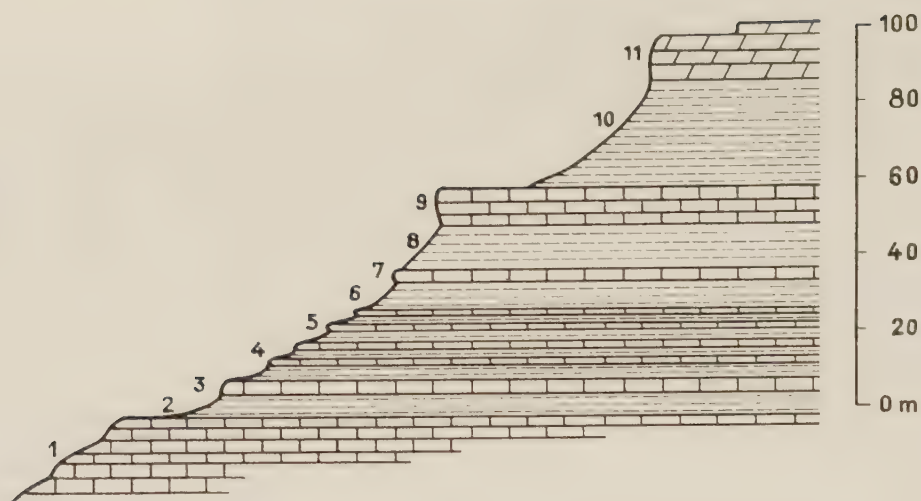


Fig. 45. — Coupe des séries supérieures de l'Edjélé Tan in Azaoua : Coupe sur le flanc W de l'anticlinal (les chiffres renvoient au texte).

9) dalle de calcaire gris, très fossilifère : très nombreux Gastéropodes, notamment des grands *Bellerophon*.

10) alternance d'argiles sableuses et de calcaires gris, assez semblables aux niveaux précédents. L'ensemble devient cependant plus gréseux et compact, et les calcaires se chargent de quartz détritiques ; nombreuses stratifications entrecroisées.

11) dalle de calcaire massif, dolomitique, souvent silicifié, verdâtre, quelquefois fossilifère (*Productus*, *Bellerophon*, *Orthocères*...). Ces calcaires passent, par zones, à des calcaires bréchoïdes, verdâtres ou vert assez vif.

12) Cette dalle, qui couronne la falaise, est surmontée d'un dernier banc de calcaire dolomitique, cristallin, blanc.

2) LES SÉRIES TERMINALES DE L'EDJÉLÉ TAN IN AZAOUA :

Les séries marines de l'Edjélé Tan In Azaoua se terminent par des niveaux argilo-gréseux avec quelques récurrences calcareo-dolomitiques. Ils forment les petits reliefs qui coiffent le dôme de l'Edjélé en sa culmination centrale (fig. 46) et réapparaissent plus au N, où ils constituent alors tout le périclinal nord.

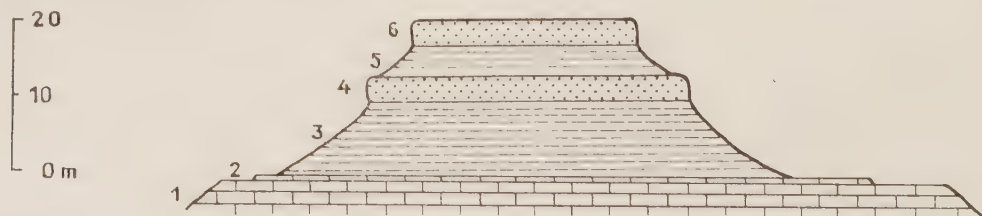


Fig. 46. — Coupe de la gara sommitale de l'Edjélé Tan in Azaoua (gara 680 = gara 649 de la nouvelle carte au 1/200.000^e de l'I.G.N.) (les chiffres renvoient au texte).

1) Série des calcaires namuriens, se terminant par une dalle de calcaire dolomitique, plus ou moins silicifié, gris-verdâtre.

2) Dalle de calcaire dolomitique blanc, cristallin, avec silicification secondaire, formant la surface structurale de la partie centrale de l'Edjélé.

3) Argiles, plus ou moins grés-marneuses, jaunâtres à passées verdâtres, quelquefois gypsifères ; vers la base ces argiles passent à des argiles rouge-brun avec gypse interstratifié.

4) Banc de grès ocre, fins, silicifiés, de même faciès que la dalle supérieure ; stratifications entrecroisées.

5) Argiles sableuses, ocre jaune, avec des silex jaunes.

6) Bancs de grès ocre clair, fins, souvent quartzifiés, avec stratification entrecroisée et ripple-marks. Quelques empreintes végétales non déterminables.

La dernière dalle de grès, couronnant la gara, est elle-même recouverte par une autre dalle de calcaire dolomitique, plus ou moins saccharoïde, blanc, avec des silicifications secondaires, alternant avec une série argilo-gréseuse. Ce dernier banc n'existe qu'à la hauteur du périclinal nord, dont il forme une partie de la surface structurale.

Les bancs de grès présentent une allure lenticulaire assez nette ; un épaississement des niveaux est visible depuis la culmination nord jusqu'au périclinal nord, les dalles gréseuses passant d'une épaisseur de quelques mètres à une quinzaine de mètres.

3) FAUNE DES CALCAIRES DE L'EDJÉLÉ TAN IN AZAOUA :

Les premières faunes ramenées des séries de l'Edjélé Tan In Azaoua (série supérieure ou série des « calcaires multicolores ») en 1947, par A.-F. DE LAPPARENT, furent déterminées par G. DELÉPINE, qui reconnut en particulier :

Productus cora d'Orb. (très commun),

Productus gallatinensis Girty,

Productus inflatus Mc Chesney (très commun),

Sp. Choristites cf. *mosquensis* Fischer,

Sp. cf. *pavlowi* Stuck.,

Punctospirifer sp.,

Chonetes granulifer Owen.,

Aviculopecten delepinei Demanet.

Ces mêmes niveaux m'ont livré une faune identique (sans *Spirifer* déterminable), avec, en plus :

Pr. Echinoconchus punctatus Martin (très commun),

Enteleles sp.

le cortège habituel des nombreux Gastéropodes :

Bellerophon,

Loxonema,

Ptychomphalus,

Ephippioceras cf. *clitellarium* Sow. (récolte C.R.E.P.S.),

de grands Orthocères et de nombreux Nautilés :

Metacoceras cf. *costatum* Hind,

Metacoceras sp.,

Parametacoceras sp.

En se basant notamment sur l'existence de *Metacoceras costatum* et de *Sp. Choristites mosquensis*, G. DELÉPINE et A.-F. DE LAPPARENT ont conclu à l'existence de Moscovien.

Il faut cependant remarquer que des formes très voisines de *Ch. mosquensis* apparaissent dès le Namurien et que des *Metacoceras* identiques à ceux des séries étudiées sont connus dans le Namurien, le Bachkirien et le Moscovien d'Europe occidentale ou orientale. D'autre part, les Productidés n'apportent que peu de précisions nouvelles ; comme le signale déjà G. DELÉPINE, le *Pr. cora* est exactement de même type que des individus connus dans le Namurien supérieur de Belgique et des Asturies ; *Pr. gallatinensis* et *Pr. inflatus* sont connus, en Amérique, dans le Pennsylvanien inférieur et moyen.

Au point de vue microfaune, de nombreux foraminifères ont été trouvés dans plusieurs des horizons calcaires de l'Edjélé Tan In Azaoua ; déterminés par M. LYS et B. SERRE, ils apportent des précisions intéressantes. On a en particulier :

Globivalvulina à spire basse ou évolutes,

Plectogyra petites, à forte distorsion, peu de loges et nodosités,

Bradyina à espace interseptal important et lamelle préseptale nette,

Brunsiella,

Ammodiscus,

Paleotextularia à paroi à couche interne vitro-radiée,

Climacammina,

Profusulinella petites, abondantes dans un horizon vers le milieu de la série.

Nous retrouvons ainsi la plupart des Foraminifères qui caractérisaient les « calcaires multicolores » dans la région de Tin Essameïd ; comme précédemment les *Profusulinella* semblent marquer une zone particulière — la « zone à *Profusulinella* » — connue dans le Bachkirien du Bassin de Moscou et de l'Oural.

c) LES SÉRIES CARBONIFÈRES A L'E DE LA FRONTIÈRE LIBYENNE : RÉGION DE IN HABERTENE - SOUIS - TIRIRINE.

Comme on peut le remarquer sur la carte du Carbonifère de la frontière libyenne, les séries carbonifères s'étalent très largement au SE de l'anticlinal de Tin Hieddan, formant alors le flanc occidental d'un vaste synclinorium axé sur la région de Ouan-Atchan-Souis.

Tandis qu'une succession détaillée des séries de base jusqu'aux horizons à *Collenia*, peut encore être observée en détail en bordure même du môle du Talagrouna, de l'oued Amasralad à Takioumet (*coupe d'In Habertene*) les séries supérieures ne peuvent être étudiées qu'au cours de longs profils, fatalement assez imprécis :

— vers le N, coupe de *Tiririne*, de la plaine d'Etaouil jusqu'au petit massif même de Tiririne,

— vers le S, *coupes de Souis*, allant des falaises d'In Habertene jusqu'au cœur de l'erg, à l'E du puits de Haghe.

1) COUPE DE IN HABERTENE :

En bordure même du môle du Talagrouna, un peu au N du puits de In Habertene, près de Ti Dobdobin, les affleurements carbonifères, légèrement redressés, fournissent d'excellentes coupes des séries de base, jusqu'aux horizons à *Collenia* qui apparaissent au sommet de la falaise et forment ensuite une surface structurale large d'une vingtaine de kilomètres. Le log suivant (fig. 47) synthétise l'ensemble des observations. Comme plus au N, on peut encore distinguer :

1. Les séries de base : Série d'In Habertene.

Comme d'habitude, elle est caractérisée par une sédimentation essentiellement argilo-gréseuse :

— à la base, un ensemble argileux, comportant des passées de calcaires fins, avec quelquefois de grandes lentilles à cone-in-cone, et de nombreux petits bancs hématitiques. Quelques niveaux gréseux s'intercalent dans le haut de la série. Il est intéressant de constater que, ici, la transgression s'effectue sans qu'il y ait apparition du moindre petit conglomérat ; les argiles dinantiennes reposent directement sur des argiles gothlandiennes de faciès assez voisin et le contact est souvent assez délicat à mettre en évidence. Ce n'est qu'un peu au S de cette coupe, dans la région de Takioumet, que la série dinantienne débute par un petit bone-bed passant à un conglomérat à très petits éléments. On peut y observer alors de nombreuses dents de poissons (Cestracionidés), des épines de *Ctenacanthus*, et de nombreux petits Lamellibranches.

— Apparaissent ensuite des niveaux de grès grossiers, à stratification entrecroisée, avec de nombreux bois ferruginisés (*Lepidodendron*). Ces horizons, épais localement de plus de 50 m, sont lenticulaires et peuvent se réduire très rapidement sur quelques kilomètres.

— La série se termine par une succession d'argiles et de grès, avec quelques minces passées calcaires, à *Productus semireticulatus* et *Syringothyris* ; c'est cet ensemble argileux qui est à l'origine de la dépression subméridienne que suit la piste chamelière, entre la crête formée par les grès à bois redressés à 30° et la falaise couronnée par les horizons à *Collenia*.

Comme dans la région de Tin Hieddan, en l'absence de faunes caractéristiques à la base de la série, il est difficile de préciser si le Tournaisien supérieur existe encore ici, ou si les premiers niveaux sont à rattacher déjà au Viséen inférieur.

2. La Série des calcaires à *Collenia*.

On peut faire débiter cette série par une dalle de calcaire ocre, à lentilles d'hématite, avec *Productus* eg. *cora*, *Productus semireticulatus*, *Syringothyris cuspidata* Martin, *Spirifer bisulcatus* Sow, etc. On observe ensuite une succession argilo-gréseuse, avec quelques bancs de calcaires, gris ou ocres, assez minces en général, quelquefois fossilifères. Il s'y intercale également de grandes lentilles hématitiques, avec de petits conglomérats de remaniement intraformationnel.

Les horizons de calcaires à *Collenia* apparaissent ensuite, formant généralement la partie supérieure de la falaise de In Habertene. Ils présentent le même faciès que précédemment, avec plusieurs niveaux de calcaires rougeâtres, concrétionnés, alternant avec des niveaux

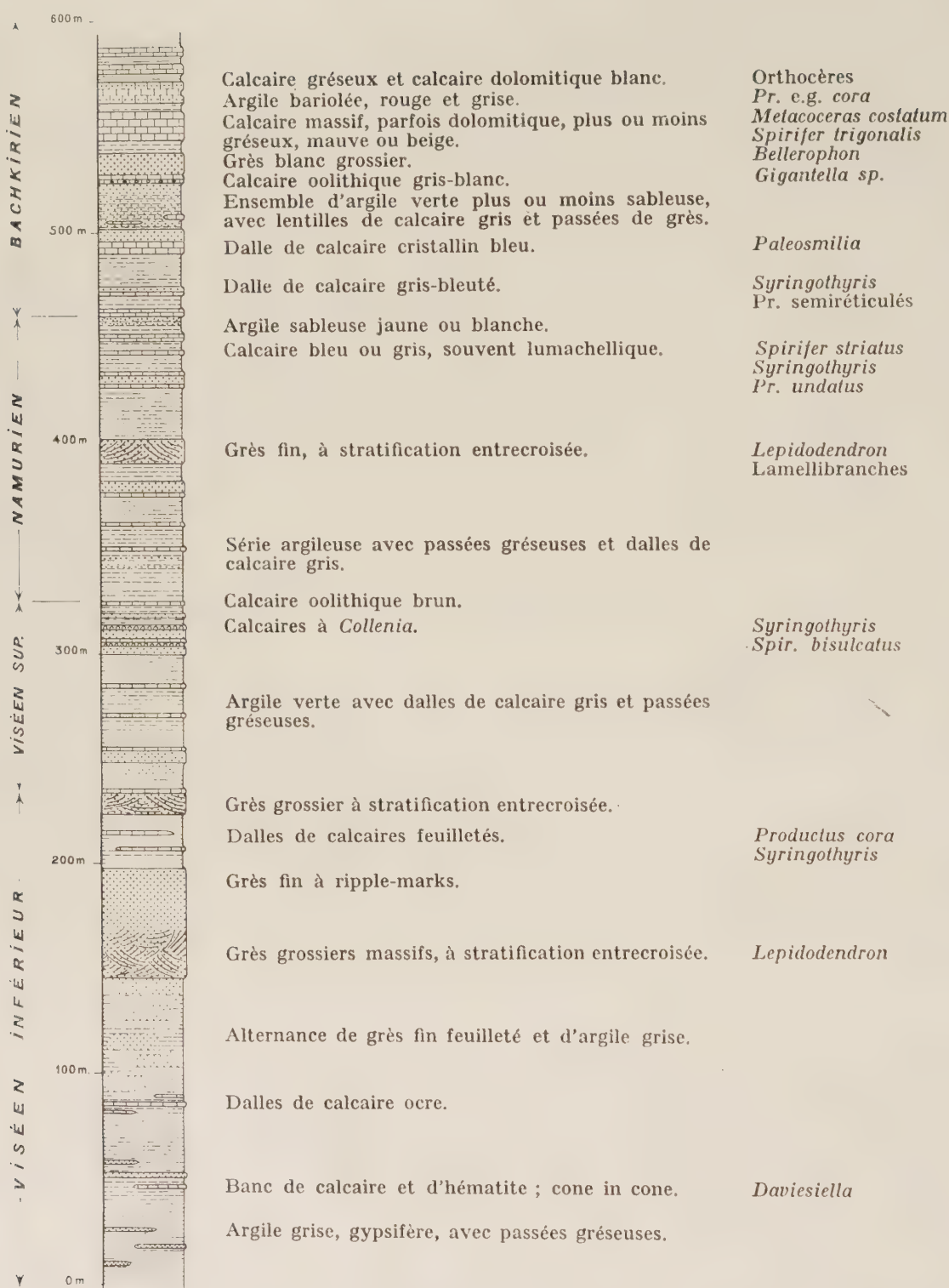


Fig. 47. — Log des séries carbonifères de Anou in Haberten au NE d'Anou Souis.

peu épais d'argile litée gris-bleuté ou de grès à stratification entrecroisée dans lesquels s'observent même quelques fragments de bois. Comme toujours, à la partie supérieure, apparaissent des calcaires massifs, bruns ou pourpres, souvent oolithiques, avec sections de Brachiopodes.

2) COUPE DE ANOU SOUIS (fig. 48) :

Levée suivant un profil WE, depuis la région de In Habertene jusqu'à l'E de Souis, elle va nous fournir la succession complète des séries supérieures jusqu'aux « *calcaires multicolores* ». Du fait de la présence des grandes dunes de la région de Souis, cette coupe a été effectuée en deux phases.

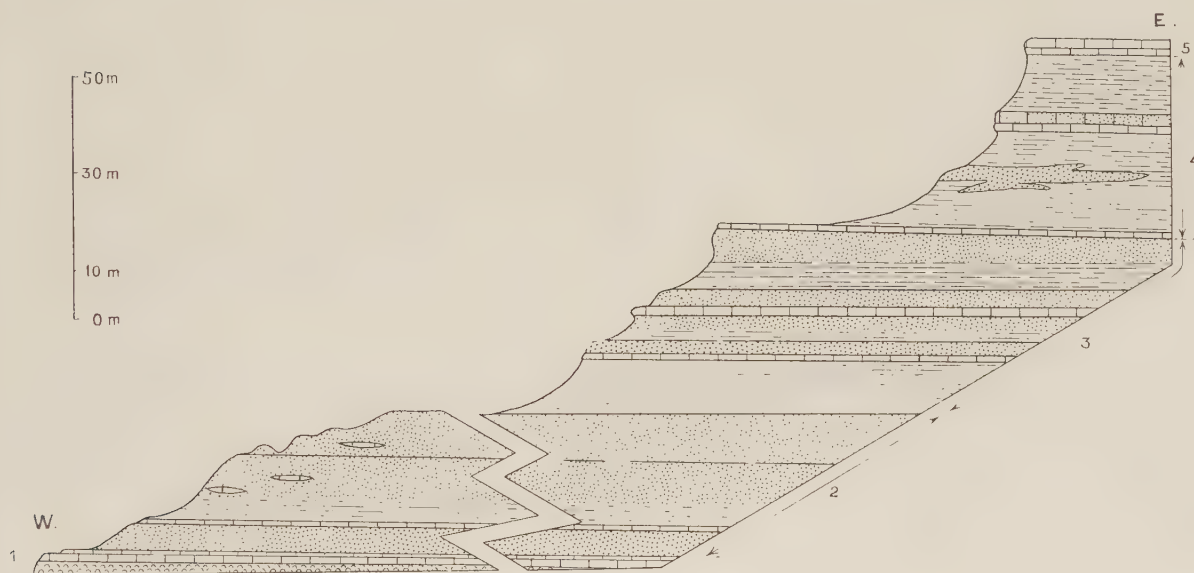


Fig. 48. — Coupe des séries carbonifères d'Anou Souis (voir commentaire dans le texte).

1. Série à *Collenia*. — 2. Argiles et grès passant aux « grès à champignons ». — 3. Alternance d'argiles, de grès et de calcaires à *Productus*. — 4. Série d'Anou Souis : ensemble argilo-gréseux avec dalle calcaire à *Productus gr. cora*. — 5. Calcaire de Tisselatine.

— DE IN HABERTEN A SOUIS.

Au-dessus des derniers horizons à *Collenia*, se terminant par des calcaires cristallins, dolomitiques, quelquefois oolithiques (banc n° 1), se développent plusieurs séries qui peuvent se corrélater facilement avec les séries du Viséen supérieur et du Namurien des coupes précédentes :

— d'abord, une série de grès plus ou moins grossiers, à stratification entrecroisée, avec quelquefois de petits galets de calcaires gris ; nombreux fragments de *Lepidodendron*. On observe quelques passées de calcaires gris et de grands niveaux lenticulaires d'argile verte. Vers le haut, apparaissent des grès à ciment calcaire passant aux « grès à champignons » supérieurs.



Fig. 49. — Coupe des séries terminales du Carbonifère à l'E d'Anou Souis.
(fin du Viséen supérieur-Namurien).

Les chiffres renvoient au texte. q = quaternaire.

— au-dessus de ces ensembles surtout gréseux, se développe une succession assez importante d'argile à passées calcaires et gréseuses, qu'il est commode de diviser, pour l'étude, en deux séries locales distinctes :

— *Série inférieure de Anou Souis* :

Après des argiles vertes couronnées par une dalle de calcaire dolomitique beige, à sections de grands *Productidés*, vient un ensemble d'argiles verdâtres, avec des grès fins, en grandes dalles parfois couvertes de ripple-marks, surmonté par une dalle de calcaire gris, fossilifère (*Productus semireticulatus*, *Pr. eg. cora*, *Spirifer striatus*, *Syringothyris*, Polypiers, etc.).

Une séquence analogue s'observe plus haut, terminée par une dalle calcaire. La dépression de Anou Souis se situe à ce niveau supérieur.

— *Série supérieure de Anou Souis* :

C'est elle qui forme la grande falaise qui borde vers l'E, la dépression de Souis. Elle est constituée par un ensemble argilo-gréseux de faciès identiques aux niveaux précédents ; au milieu de la falaise, s'intercale un banc de calcaire gris, plus ou moins gréseux, souvent très fossilifère (nombreux petits *Productus* jointifs, *Syringothyris*, *Productus cora*, etc.).

L'ensemble se termine par une dalle de calcaire épaisse de plusieurs mètres que j'ai appelée « *Dalle de Tisselatine* » ; elle est formée par un calcaire quelquefois dolomitique, gris-bleuté, parfois brun-rouge, avec quelques lentilles oolithiques. On y remarque des sections de *Productidés*, ainsi que les Polypiers, dont de belles colonies de *Palaeosmitia regia* Phillips.

— A L'E DE ANOU SOUIS : COUPE DES SÉRIES TERMINALES DU CARBONIFÈRE.

A l'E de la falaise de Souis, les derniers niveaux carbonifères, au-dessus de la « dalle de Tisselatine », se trouvent rapidement recouverts par les grandes dunes de l'Edeyen d'Oubari. Il est cependant possible de terminer la coupe complète du Carbonifère grâce à un vaste couloir qui troue l'erg à la hauteur de Anou Souis, couloir orienté EW et emprunté par la grande piste chamelière reliant le N du Pays Ajjer à l'Ouadi Ajal. On peut y observer la succession suivante (fig. 49) :

1. La « dalle de Tisselatine » se termine par des calcaires dolomitiques bruns et blancs.

2 et 3. Ils sont recouverts par des argiles verdâtres, plus ou moins sableuses, se terminant par des grès fins. Après une passée de calcaire dolomitique blanc, réapparaissent des grès

fins, à *Lepidodendropsis* ; à leur partie supérieure, ils passent à des grès à ciment calcaire avec empreintes de Lamellibranches (Cf. *Sanguinolites*).

4 et 5. Argiles sableuses, blanches ou violacées, recouvertes par des grès grossiers, à petits galets de quartz ; ils se terminent par des grès et des calcaires bruns, en plaquettes.

6 et 7. Nouvelle série de grès et d'argiles (souvent bariolées), avec passée de calcaires organodétritiques, à petits *Chonetes* et *Productus*.

8. Horizon dit des « calcaires mauves » : calcaires dolomitiques, souvent gréseux, ocre, beiges ou le plus souvent mauves et violacés ; quelques passées d'argiles bariolées, ocre, jaunes ou rougeâtres. Ces calcaires sont souvent fossilifères (*Productus cora*, *Spirifer* cf. *trigonalis*, et nombreux Gastéropodes, Orthocères et Nautilés, dont *Metacoceras* cf. *costatum*). Cet horizon, qui forme ici une surface structurale large de quelques kilomètres, prend une assez grande extension plus au N, ainsi que nous le verrons lors de l'étude de la région de Tiririne et du Zegher. Il correspond à la partie centrale des « calcaires multicolores ».

9. Argiles bariolées, brun-rouge et grises, surmontées de calcaires gréseux, puis d'une dalle de calcaire dolomitique gris-bleu, à *Spirifer*.

10. Ensemble d'argiles grisâtres, passant à des grès fins, puis surmonté par des calcaires gris, en plaquettes, de minces passées de calcaires blancs et bleus, parfois bréchiques, à *Spirifer*.

11 et 12. Les séries carbonifères se terminent par des grès fins, ocre, des argiles bariolées et quelques dalles de calcaires gréseux. Les grès grossiers à ciment calcaire, avec passées conglomératiques à petits galets de calcaires gris ou bleus, de grès, d'argiles gréseuses à ciment de calcite, qui recouvrent les calcaires précédents représentent probablement déjà la base des séries continentales mésozoïques, homologues des séries de Zarzaitine.

L'ensemble de cette coupe, depuis les niveaux inférieurs de In Habertene jusqu'aux derniers horizons à l'E de Souis, est assez difficile à replacer dans le cadre stratigraphique normal du Carbonifère du fait de la pauvreté de la faune : absence de *Goniatites*, *Productidés* difficiles à déterminer (formes naines...), absence des *Gigantoproductus*, etc. Comme nous le verrons lors de la discussion générale sur la stratigraphie des séries carbonifères de l'Ajjer ce n'est que par corrélations successives avec les coupes de la frontière libyenne et de la région des Issaouane, mieux datées mais assez comparables au point de vue faciès, que nous pourrons effectuer des coupures stratigraphiques précises dans ces séries. Enfin, l'étude de la microfaune (Foraminifères et Conodontes) pourra apporter ultérieurement d'utiles précisions.

3) COUPE DE TIRIRINE :

Une coupe effectuée suivant un profil WSW-NNE depuis la dépression d'Etaouil jusqu'aux petits reliefs situés autour du puits de Tiririne nous permettra ultérieurement de raccorder facilement les séries carbonifères de la région de Tin Hieddan avec celles de Souis.

Nous pouvons y observer la succession suivante (fig. 50) :

2-3-4. Au-dessus des horizons à *Collenia* (1), arrive une série de grès souvent à stratification entrecroisée alternant avec des argiles vertes, à gypse ; il s'y intercale quelques lits calcaires, à *Productus* eg. *cora*.

5-6. Série d'argiles et de marnes, vertes ou grises, avec plusieurs dalles de calcaires gris, souvent lumachelliques, à petits *Productus*.

7. Dalle de calcaire dolomitique, gris ou brun, à petits *Productus*, *Chonetes*, Gastéropodes, interstratifiés dans un ensemble de marnes blanchâtres, à petits silex jaunes.



Fig. 50. — Coupe des séries carbonifères de la région de Tiririne (Viséen supérieur-Namurien).
1 à 6. — Série inférieure.

— Entre 3 et 4 gros banc d'argile verte à gypse.

— 4 : Grès et calcaires à *Productus*, dalles à ripple-marks, surmontées d'argiles vertes à gypse.

— 5 : Grès à Lamellibranches, surmontés d'argiles, de calcaire gris, grès fins et calcaires gréseux.

7 à 8. — Série supérieure.

9 à 13. — Série de l'oued In Méram. — 11' : calcaire gris à Chonetes. — A la base de 13' : conglomérat.

8. Nouvel ensemble de calcaires en grosses dalles, avec surfaces à ripple-marks, et de grès fins, souvent à stratification entrecroisée.

9-10. Argiles verdâtres, avec passées de grès et de calcaires gréseux.

12. Grandes lentilles de grès fins, ocre, à stratification entrecroisée.

13. Dalle de calcaire dolomitique, cristallin, ocre-brun ou violacé, avec nombreux *Syringothyris* et *Spirifer* cf. *trigonalis*.

A l'E de Tiririne, d'autres petites falaises, en bordure des structures de la région, nous montrent une succession légèrement différente vers le sommet de la coupe :

11'. Série d'argiles verdâtres, avec passées de calcaire gris ou ocre, organodétritique, avec nombreux petits *Chonetes* et *Productus* ; les surfaces des dalles montrent de nombreuses traces et pistes diverses, ainsi que de grands ripple-marks.

13'. Sous la dalle de calcaire mauve formant la corniche supérieure, comme sur la coupe précédente (13), on remarque un petit conglomérat à galets de calcaires ocres ou bleu-gris, bien arrondis (galets allant de 1 cm à une dizaine de cm) ; le ciment est constitué en majeure partie par de la calcite ; on observe également quelques petits galets de quartz. Ce niveau semble l'homologue de celui observé à la base des « calcaires multicolores » dans la coupe de Tin Hieddan.

Comme pour toutes les séries carbonifères à l'E de la frontière libyenne, il n'est pas possible d'établir de coupures stratigraphiques en se basant sur les faunes. Cependant on retrouve toujours certains des niveaux-repères des coupes précédentes.

d) LES SÉRIES CARBONIFÈRES A L'E DE SERDELÈS.

Au S des massifs dunaires de Souis et de Haghe, les séries carbonifères, toujours d'allure monoclinale, réapparaissent dans leur ensemble, avec leurs nombreuses petites cuestas, plongeant doucement et régulièrement vers l'E. Seules, quelques ondulations locales (Adrar Eri-n-Anoubi) et de rares petites structures anticlinales (SE de Anou Ouan el Khir), viennent modifier légèrement cette morphologie. Plus au S, le Carbonifère va se trouver rapidement recouvert à nouveau en grande partie par les dunes de l'Iguidi Ouan Kasa et d'importants placages quaternaires. Du S de Serdelès jusqu'à la hauteur de l'Emi Bouli, c'est-à-dire sur plus de 300 km, il ne sera plus possible d'effectuer une seule coupe tant soit peu continue des séries carbonifères.

Le log étudié ici (fig. 51) a été levé, le long de la piste chamelière qui mène de Serdelès au Fezzan, en traversant le Messak par le Col d'Ar'elad. Elle s'étend des derniers contre-forts du Tadrart jusqu'à la petite falaise de grès de Nubie, à la hauteur d'Ifafane Tehed. Il semble légèrement plus complet que celui que l'on peut lever le long de la piste automobile de Serdelès à Oubari, à quelques kilomètres plus au N.

Comme précédemment, on peut distinguer plusieurs séries distinctes :

1) LES NIVEAUX DE BASE :

A la hauteur de Serdelès, on ne voit pas le contact du Carbonifère sur les grès du Tadrart. Par contre, tandis qu'un peu plus au N, le Dinantien débute par un niveau phosphaté à dents de poissons passant localement à un petit bone-bed, plus au S, à la hauteur de Anou

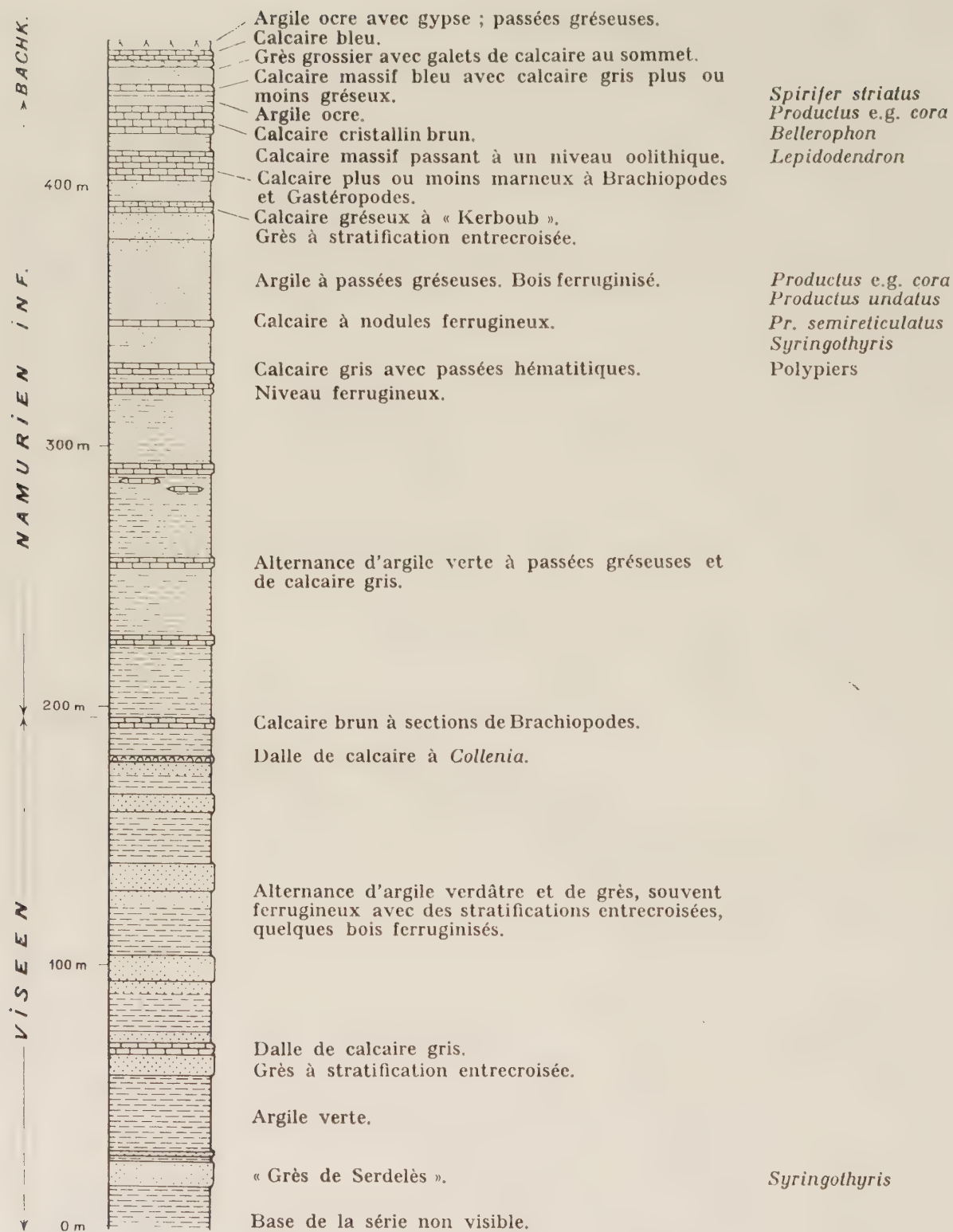


Fig. 51. — Log des séries carbonifères à l'E de Serdelès.

Okkoussamann, ce sont des grès plus ou moins grossiers, à empreintes de *Lepidodendron*, qui reposent directement sur les séries du Tadrart.

Puis, après une succession argileuse qui correspond à la dépression de l'oued Oubarakat, apparaissent, en particulier aux environs immédiats du petit poste de Serdelès, des grès blancs, moyens, plus ou moins friables, très fossilifères. Ce sont les *Syringothyris* de ces niveaux qui, pris pour des *Spirifer* voisins de *carinatus*, ont fait attribuer à ces grès un âge dévonien. C'est N. MENCHIKOFF qui reconnut, en 1944, l'âge dinantien de cette série, caractérisée en particulier par :

Syringothyris cuspidata Martin (très commun ; il existe probablement plusieurs variétés, dont une de très grande taille),

Productus gr. *semireticulatus*,

Schizophoria cf. *resupinata* Martin,

Rhipidomella michelini Oehlert,

Schwellwienella crenistria Phillips,

Athyris lamellosa Léveillé,

ainsi que des Chonetes, Spirifer, Rynchonelles, Térébratules, Lingules, Bellerophons, Conulaires, Lamellibranches.

2) LA SÉRIE DE L'ADRAR ERI N'ANOUBI :

C'est une succession d'argiles verdâtres et de grès assez fins, souvent ferrugineux, à stratification entrecroisée, avec quelques passées de calcaire gris. Les bancs calcaires déterminent les petites cuestas qui se suivent depuis l'Iguidi Ouan Takioumet jusqu'à l'Adrar Eri n'Anoubi. En s'écartant de la dorsale du Talagrouna, les grès deviennent plus rares et les épaisseurs diminuent sensiblement.

3) L'HORIZON A COLLENIA :

Il se réduit ici à une mince dalle de calcaire à *Collenia*, brunâtre, passant à un calcaire oolithique. Plus au S, il semble disparaître, ou faire place à des calcaires organodétritiques voisins de ceux qui prolongent les séries à *Collenia* vers les Issaouane.

4) LA SÉRIE DE L'OUED OUBARAKAT :

La dalle à *Collenia* est recouverte par une épaisse série argileuse dans laquelle s'intercalent plusieurs minces passées calcaires ou gréseuses, quelquefois fossilifères (*Productus semireticulatus*, *Pr. undatus*, *Pr. interruptus*, etc.). Cet ensemble correspond aux deux séries de Souis ; comme précédemment, on peut remarquer, en plus d'une diminution sensible des épaisseurs, la disparition de la plupart des niveaux de grès à bois qui caractérisaient ces séries.

5) LES CALCAIRES DE TISSELATINE ET LES SÉRIES TERMINALES DU CARBONIFÈRE :

Au-dessus de la Série de l'oued Oubarakat, apparaît un ensemble de dalles calcaires, dites « dalles de Tisselatine ». Ce sont des calcaires organodétritiques, gris, ocres ou bruns, avec des passées oolithiques. A la partie supérieure, une dalle de calcaire à Encrines et débris

de Brachiopodes, passant à un calcaire organo-détritique gris-bleuté ou blanc, semble être l'homologue de l'horizon à *Palaeosmilia* qui couronne la falaise de Souis.

Ces niveaux calcaires sont surmontés par des argiles ocre et des grès souvent à ciment calcaire, avec de petits galets de calcaires carbonifères remaniés. On y observe des sections de *Gigantoproductus*. Puis apparaissent au N de la piste uniquement, des calcaires versicolores, ocre, gris ou bleutés, qui représentent les « calcaires multicolores » du N. Certains niveaux, avec structures concrétionnées, rappellent des *Collenia*.

La série se termine par des argiles et des grès, avec encore quelques passées calcaires à Encrines et *Productus*, avant d'être recouverte par les argiles, les grès et les gypses de la base des grès de Nubie.

3) LE CARBONIFÈRE DU ZEGHER.

Le bassin synclinal qui se développe à l'E de la dorsale de la frontière libyenne est recouvert en grande partie par les dunes de l'Edeyen d'Oubari : prolongement oriental de l'Erg de Bourharet et Iguidi Ouan In Ag'éouel vers le N, Iguidi Ouan Souis et Iguidi Ouan Tiri-rine vers le S. La bordure orientale de ce bassin est encore en partie visible, grâce à une grande région dégagée de dunes, la *Hamada Zegher*. Ce terme de Hamada Zegher s'applique plus particulièrement au grand plateau de calcaire lacustre tertiaire qui recouvre les formations carbonifères au NE de Ouan Atchan et de Timénocaline. Si vers le S, il ne semble pas exister d'affleurements visibles à l'intérieur de l'erg, en dehors de l'anticlinal de Ouan Djerramna (le Carbonifère se trouvant recouvert par d'importantes formations de grès de Nubie, de calcaires tertiaires ou d'épandages quaternaires), par contre, au N du Zegher, les séries carbonifères réapparaissent fréquemment au centre des nombreux couloirs dunaires de l'Iguidi Ouan In Ag'éouel ; à l'E même de ce dernier puits, un grand « gassi » permet de lever une coupe des séries carbonifères jusqu'aux horizons à *Collenia*.

Cette coupe, qui a été, comme d'habitude, résumée dans le log suivant (fig. 52), a été levée, sur une trentaine de kilomètres, depuis l'intérieur du gassi, jusqu'aux petites falaises qui apparaissent au S même de Anou In Ag'éouel. Les divers horizons sont encore faciles à corrélérer avec ceux des coupes plus occidentales. On a ainsi :

1) *La série des calcaires à Collenia.*

Au milieu d'argiles verdâtres, gypseuses, avec lentilles calcaires à cone-in-cone, apparaissent plusieurs dalles de calcaire à *Collenia*, brun ou rougeâtre ; ces niveaux à *Collenia*, peu épais, passent souvent à des calcaires oolithiques analogues à ceux de la frontière libyenne.

2) Au-dessus, vient un ensemble argilo-gréseux qui affleure en particulier dans toute la partie nord du Zegher. Plusieurs dalles, généralement de calcaires organodétritiques ocre, bruns ou gris, à Brachiopodes (*Productus* eg. *cora*, *Pr. striatus*, *Pr. gr. semireticulatus*, *Chonetes* cf. *papilionacea*, etc.), Gastéropodes, Bryozoaires viennent s'intercaler dans cette succession. Plus haut, apparaissent deux niveaux, épais d'une trentaine de mètres environ, mais souvent d'allure lenticulaire, de grès grossiers, à stratification entrecroisée, avec quelques *Lepidodendron*.

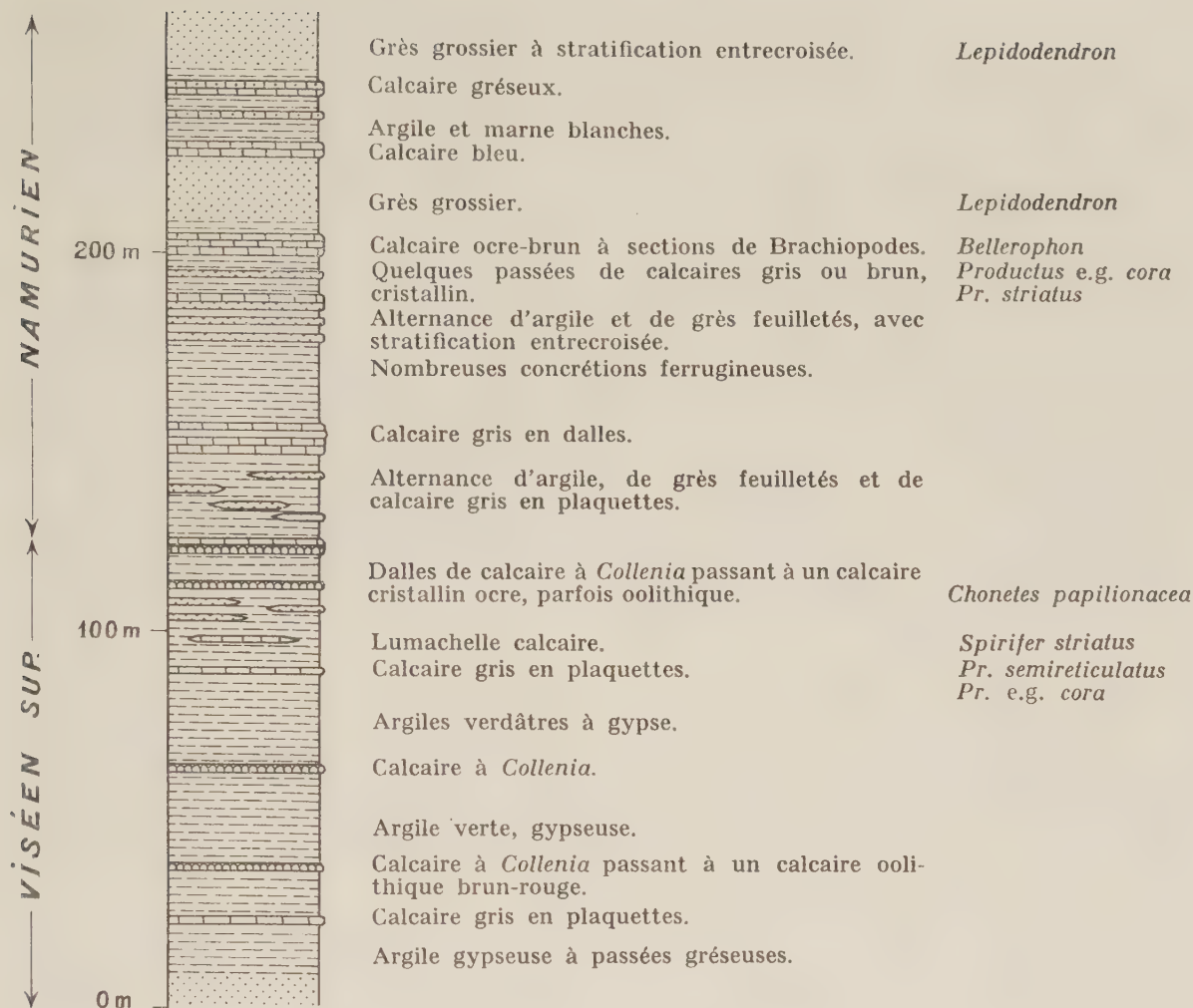


Fig. 52. — Log des séries carbonifères du Zegher. S et E d'Anou in Ag'éouel.

3) Pour continuer la coupe de ces séries, il est nécessaire de pénétrer à l'intérieur de l'erg, au NW de Anou In Ag'éouel, ou bien d'aller vers le SW du Zegher, en direction d'El Atchan. On trouve alors une série argileuse, avec de nombreuses passées de grès fins, feuilletés ou de calcaires. On peut observer ainsi plusieurs minces dalles de lumachelles à Productidés, *Spirifer*, Bryozoaires... Deux de ces lumachelles, situées à une quinzaine de kilomètres au S-SW de In Ag'éouel, et à quelques mètres les unes des autres, ont fourni les premiers Conodontes connus dans le Carbonifère de cette partie du Sahara (M. Lys et B. SERRE) :

Idiognathodus delicatus Gunnel (du Pennsylvanien moyen et supérieur),

Gnathodus girtyi Hass (du Meramee et Chester inf.),

Spathognathodus minutus Ellison (du Dinantien au Permien),

Cavusgnathus gigantus Gunnel (du Chester au Permien).

Au NW de Anou In Ag'éouel, une dalle de calcaire oolithique gris-bleuté, correspondant dans la série, à l'une de ces dalles de lumachelles, se révèle formée par un calcaire constitué surtout par des oolithes (de 0,3 à 1 mm) ainsi que par de nombreuses pseudo-oolithes d'un calcaire plus ou moins grumeleux avec de très rares quartz. Les oolithes sont cimentées par de la calcite cristallisée en grandes plages ; mais on observe en outre, moulant quelquefois les oolithes, une matière opaque, noire, qui s'est révélée être un bitume.

4) Apparaît enfin un ensemble de calcaires plus ou moins dolomitiques, ocre, gris ou violacés qui correspond à la série des « calcaires multicolores » de la frontière libyenne. Comme ailleurs, on trouve plusieurs niveaux lumachelliques à Productidés (surtout des Pustulés), Orthocères, Nautilus et Gastéropodes. Affleurant dans la partie occidentale de l'Iguidi Ouan In Ag'éouel, on les retrouve vers Ouan Atchan, ainsi que dans le S du Zegher, où ils affleurent grâce à des petites cuvettes d'érosion à travers les calcaires tertiaires, comme à Timélocaline.

Comparées aux séries du Pays Ajjer ou de la frontière libyenne, les séries du Zegher ne montrent que des variations sans grande importance ; les corrélations entre les différentes coupes sont toujours faciles dans l'ensemble.

4) LE CARBONIFÈRE DU FEZZAN NORD-OCCIDENTAL.

Les séries carbonifères du Zegher se prolongent vers le N, sous les dunes de l'Edeyen d'Oubari et les formations lacustres du N de l'erg, pour réapparaître dans la grande dépression qui s'étend au pied de la Hamada el Homra, sur plus d'une centaine de kilomètres, depuis Aouinet-Ouenin jusqu'au-delà de Dembaba.

Le croquis suivant (fig. 53) montre cette série monoclinale qui plonge doucement vers le NW, pour disparaître sous les formations mésozoïques de la région de Anou En Nahias (prolongement des séries du Zarzaïtine, de l'Adrar Ben Drich et du Taouratine) ainsi que sous le Crétacé supérieur de la hamada.

Les séries carbonifères se révèlent ici assez complètes, plus épaisses que dans le Zegher et qu'à la frontière libyenne, mais malheureusement très pauvres en fossiles.

— A la base, dans le cirque d'Aouinet-Ouenin, il semble que les premiers niveaux du Carbonifère, datés par un banc d'oolithes ferrugineuses à *Spirifer tornacensis* et *Rynchonella pleurodon* avec des alternances d'argile bleutée et de plaquettes de grès silicifiés à petites Rhynchonelles, reposent sur le Dévonien supérieur en très légère discordance. Il s'agit, semble-t-il, d'une discordance de ravinement et une lacune séparerait ainsi les derniers niveaux à *Spirifer verneuili*, encore frasnien, des premiers niveaux tournaisiens.

— Vient ensuite un ensemble très épais d'argiles et de grès, avec quelques horizons ferrugineux ou calcaires, rarement fossilifères. Cette série, qui s'étend depuis Aouinet-Ouenin jusqu'à la Gara El Mrar, doit atteindre près de 600 à 700 m de puissance. Je n'ai pu en faire de coupes détaillées.

— Puis apparaît, à la base de la Gara El Mrar, une dalle calcaire à Rhynchonelles, et une nouvelle succession de grès à stratification entrecroisée et d'argile verdâtre.

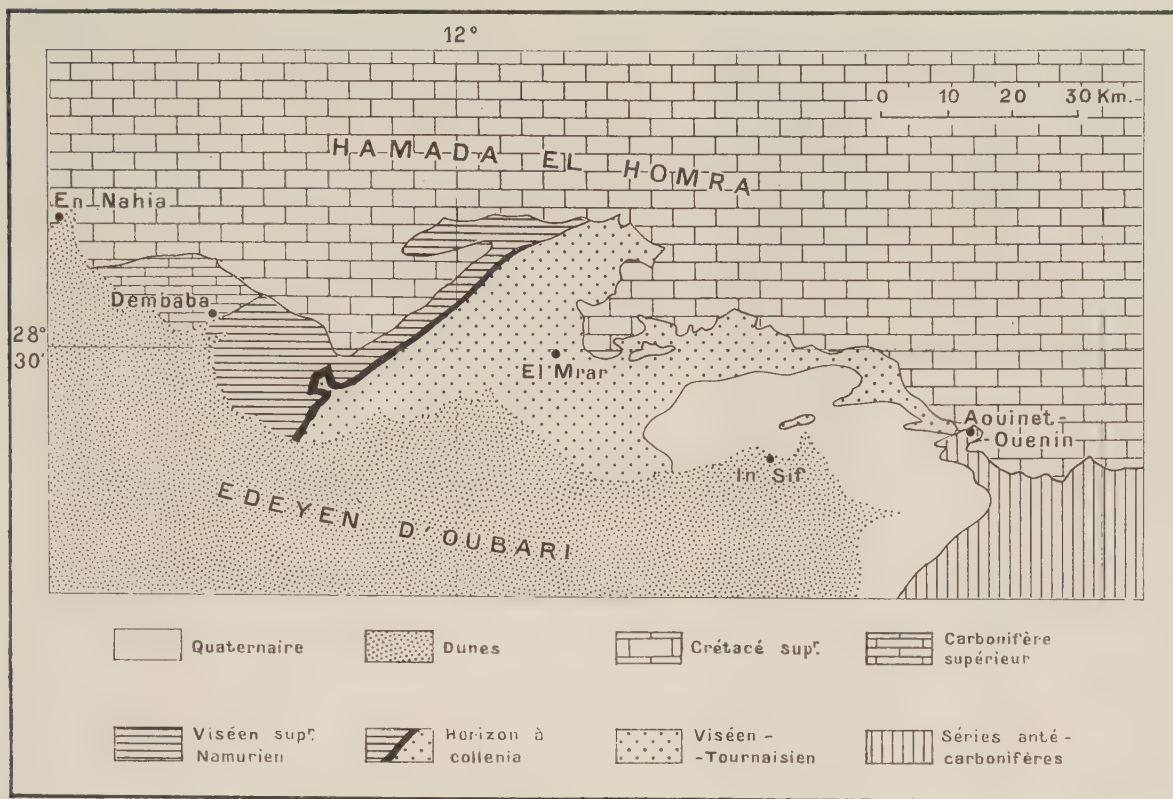


Fig. 53. — Carte du Carbonifère au S de la Hamada el Homra.

On retrouve alors l'horizon à *Collenia* connu plus au S : constitué par une succession de minces niveaux à *Collenia*, rougeâtres ou bruns, avec passées de calcaires souvent oolithiques, dans un ensemble d'argiles vertes, cet horizon à *Collenia* atteint ici une épaisseur d'une cinquantaine de mètres.

Le reste de la coupe des séries carbonifères, jusqu'aux « calcaires de Dembaba » qui représentent l'équivalent des « calcaires multicolores » a été effectué d'une manière très rapide du fait des circonstances. J'ai résumé les données connues dans le log suivant (fig. 54), assez schématique. On retrouve les mêmes ensembles lithologiques que sur la frontière libyenne, avec quelques variations de détail dans les faciès et les épaisseurs.

5) LE CARBONIFÈRE DU CHATI.

Vers l'E, le Carbonifère réapparaît au S du massif du Jebel Fezzan, dans le Chati oriental, depuis le S de Berguen jusqu'à l'E de Brak. Il constitue ici une série monoclinale relativement peu épaisse, plongeant vers le S, où elle se trouve alors rapidement recouverte par les formations récentes du Zellaf et les premières dunes de l'Edeyen d'Oubari.

Seuls, affleurent les niveaux inférieurs, représentant le Tournaisien et déjà peut-être le Viséen inférieur, sous des faciès très littoraux et localement continentaux.

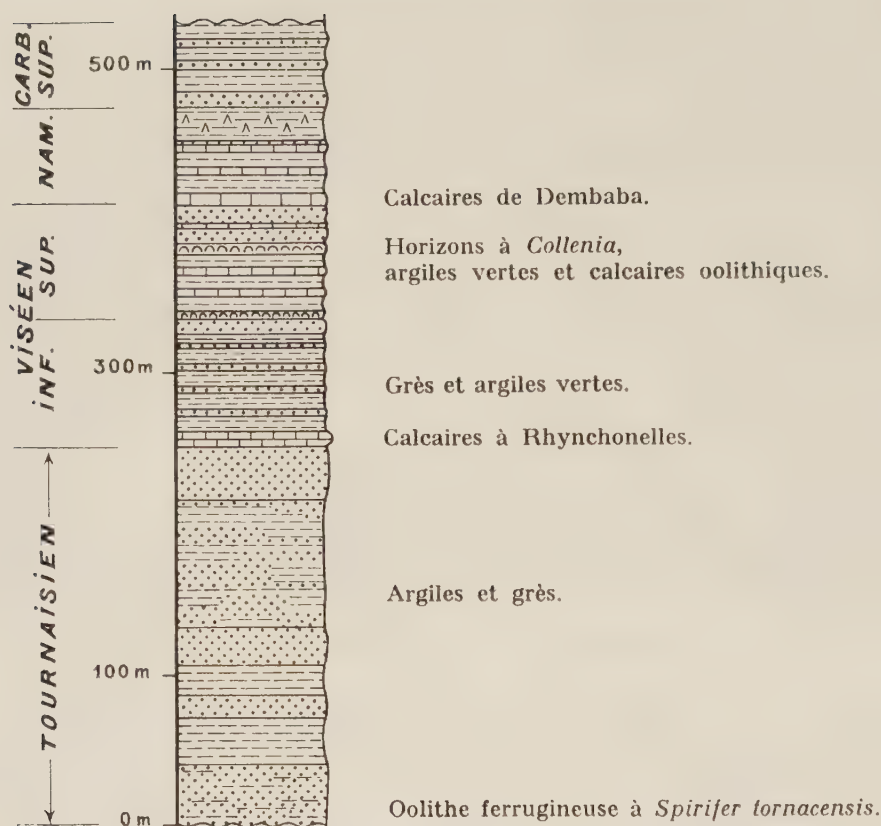


Fig. 54. — Log des séries carbonifères d'Aouinet-Ouenin-Dembaba.

PROBLÈME DE LA LIMITE CARBONIFÈRE-DÉVONIEN :

On a vu au chapitre précédent, que les séries dévoniennes du Chati se terminaient par des niveaux subcontinentaux, avec grès grossiers et horizons ferrugineux. Tandis que les grès fournissent encore quelques mauvaises empreintes de *Spirifer* proches de *verneuili*, la partie supérieure ne montre que quelques empreintes de bois ou de Rhynchonelles qui n'apportent aucune précision. J'ai choisi arbitrairement pour base de la série tournaisienne, un horizon ferrugineux qui paraît un peu plus continu que les précédents, ravinant et encroûtant les niveaux sous-jacents.

LES SÉRIES DU CHATI :

L'existence de nombreuses petites falaises facilite le levé de coupes très détaillées mais difficiles à raccorder entre elles du fait de l'allure lenticulaire de la plupart des niveaux. Vers l'E, le Tournaisien se réduit sensiblement et devient de plus en plus continental.

Une première coupe, levée dans la falaise au NNE de *Gotta* (falaise déterminée par une corniche de calcaires miopliocènes) montre la succession suivante (fig. 55) :

- à la base, des grès fins, lités, avec quelquefois des passées d'argiles blanches ou grises.
- puis on observe un premier niveau ferrugineux : grès à ciment d'hydroxydes de fer passant

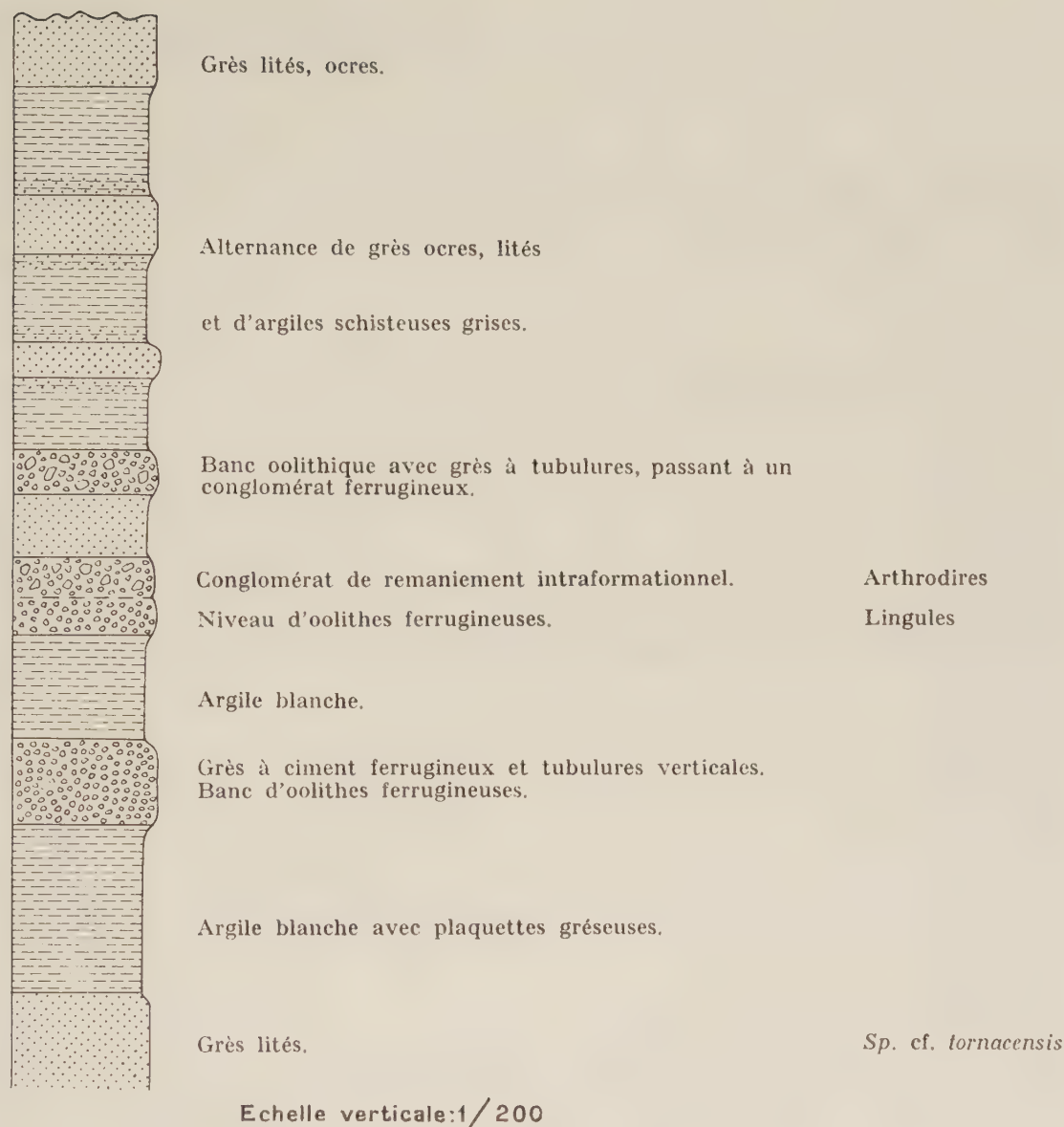


Fig. 55. — Log des séries carbonifères du Chatî au NNE de Gotta.

à des niveaux d'oolites ferrugineuses, ocre brun ou verdâtres ; par endroits, se remarquent des tubulures verticales analogues à celles appelées « bourres de fusil » dans les grès du Dévonien supérieur.

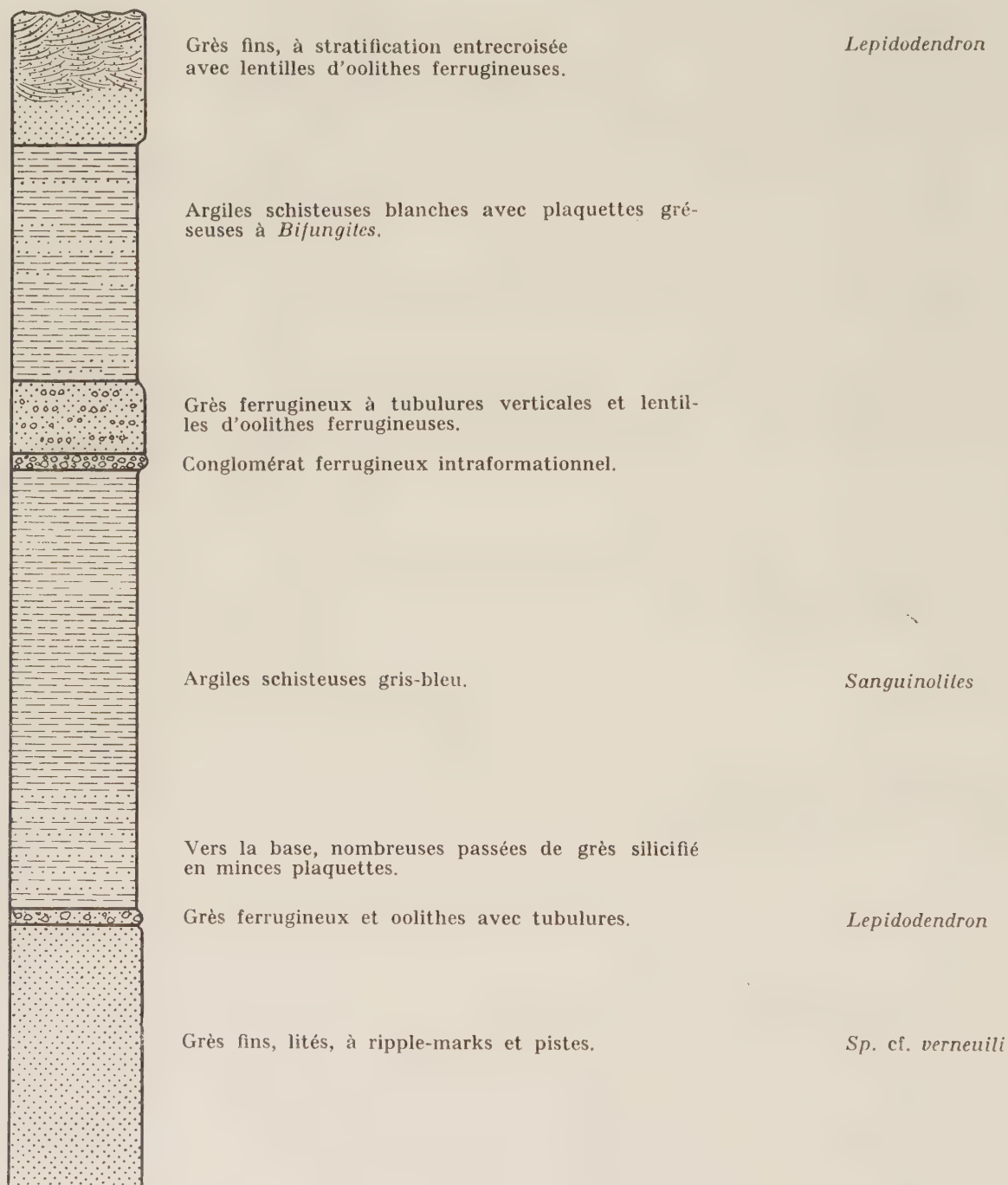
— un nouvel horizon d'argiles schisteuses gris-bleuté.

— puis un deuxième niveau ferrugineux : grès à ciment d'hydroxydes de fer passant à des lentilles d'oolites ferrugineuses, à ciment argileux. Ce niveau oolithique fournit quelques empreintes de Rhynchonelles et un *Spirifer* voisin de *tornacensis*.

Les grès ferrugineux de ce niveau montrent des surfaces à croûtes ferrugineuses et tubulures verticales qui peuvent être attribuées à des paléosols.

Ce niveau se termine par un conglomérat intraformationnel, à élément de grès ferrugineux, d'oolites ou même d'argiles cimentées par des hydroxydes de fer. On y observe par endroits des plaques d'Arthrodires ainsi que de nombreuses petites Lingules.

— après un passage de grès fins, argileux passant à des argiles grises, on remarque quelquefois un deuxième niveau d'oolithes ferrugineuses, à « bourres de fusil » passant à un nouveau conglomérat intraformationnel à ciment ferrugineux.



Echelle verticale : 1/200

Fig. 56. — Log des séries carbonifères du Chati, près de la Gara Maharouga.

— la série carbonifère se termine, sous la corniche de calcaires récents, par des alternances de grès fins — quelquefois ferrugineux avec quelques empreintes de bois fossiles ainsi que quelques Brachiopodes — et d'argiles gris-bleuté.

Cet ensemble se suit vers l'E, sur plusieurs dizaines de kilomètres, sans changements notables, en dehors des changements apportés par l'allure lenticulaire de la plupart de ces niveaux.

A 6 km à l'E de Maharouga, une grande gara isolée, dite Gara Maharouga, montre la coupe ci-contre (fig. 56) :

— à sa base, des grès fins et lités, à surfaces couvertes de pistes diverses et de ripple-marks, se terminent par un niveau ferrugineux (oolites ferrugineuses passant à des grès) à tubulures verticales et empreintes de plantes. *Spirifer verneuili* ou *Sp. tornacensis*.

au-dessus vient une série d'argiles schisteuses gris-bleuté alternant avec de minces niveaux de grès fins, silicifiés. Certains lits d'argile renferment de très nombreuses empreintes de *Sanguinolites variabilis* McCoy. La partie supérieure des plaquettes gréseuses montre de nombreuses traces et pistes diverses, notamment les petites empreintes en forme d'haltères, déjà observées dans le Tournaisien d'Aouinet-Ouenin et décrites par A. DESIO sous le nom de *Bifungites fezzanensis*.

— puis on observe un niveau de grès ferrugineux passant à un conglomérat intraformationnel à ciment d'hydroxydes de fer. Des grès à ciment ferrugineux, avec lentilles d'oolites de goethite ou de chlorite montrent plusieurs niveaux à « bourres de fusil ».

nouvelle série d'argiles schisteuses gris-bleuté avec passées de grès à *Bifungites*.

la série se termine par des grès fins, ocre, à stratifications entrecroisées, avec empreintes de bois. Il s'y intercale plusieurs niveaux de grès ferrugineux ou d'oolithes ferrugineuses.

Les horizons les plus intéressants sont des niveaux ferrugineux : oolithes ferrugineuses passant à des grès à ciment d'hydroxydes de fer et même d'hématite compacte. Ces grès montrent souvent des tubulures verticales analogues à celles connues dans les « Grès du Khenig » (« bourres de fusil »).

Ce n'est qu'à la hauteur de Brak (log fig. 57) qu'apparaît un niveau très riche en *Spirifer tornacensis*. Plus à l'E, à la hauteur de Guira, d'Ech-Kida (log fig. 58) et d'Ech Chebb, les niveaux ferrugineux prennent de plus en plus d'importance, au point de former de véritables bancs de minerais, de plusieurs mètres de puissance (déjà signalé par R. MULLER-FEUGA, 1954).

Ce sont généralement des niveaux d'oolithes ferrugineuses, avec un ciment argileux. L'enveloppe corticale des oolithes est formée par de fines alternances de goethite, de stilpnosidérite et d'oligiste, le noyau central se trouvant constitué le plus souvent par des fragments de quartz ou des cristaux isolés de goethite ou d'oligiste. Des phyllites mal caractérisées apparaissent souvent dans le ciment.

Dès le méridien de Brak, les formations dévoniennes se réduisent à quelques mètres. Un peu plus à l'E, le Tournaisien arrive directement en transgression sur les grès grossiers du Cambro-Ordovicien. Ainsi, au NE d'Ech-Chebb, reposant directement sur ces « Grès inférieurs », on peut observer un niveau ferrugineux, conglomératique, passant à un véritable bone-bed, à nombreuses plaques d'Arthrodires non déterminables et épines de *Ctenacanthus*.

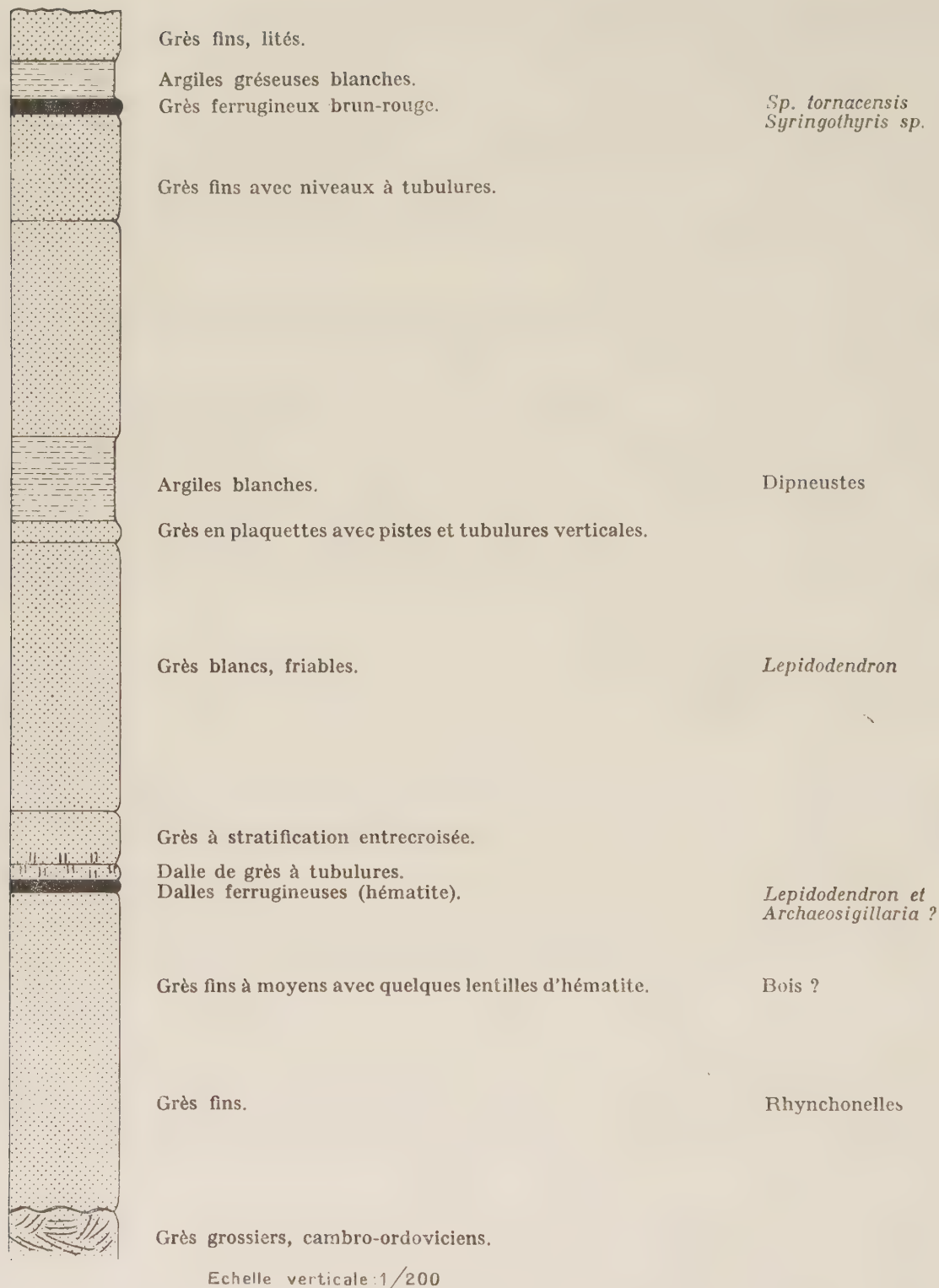


Fig. 57. — Log des séries carbonifères du Chati à l'E de Brak.

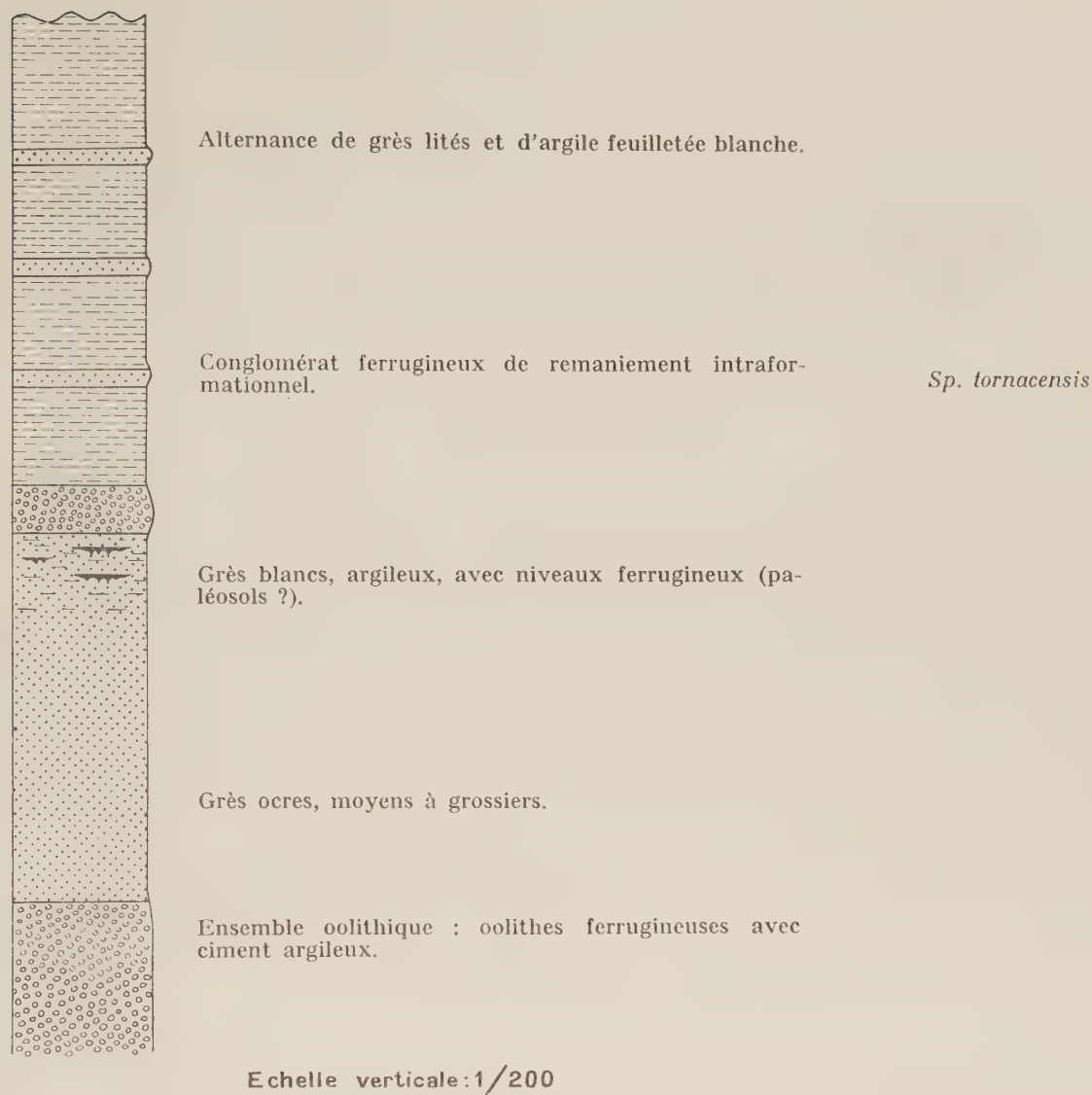


Fig. 58. — Log des séries carbonifères du Chati au NE d'Ech Kida.

AGE DES SÉRIES DU CHATI ORIENTAL :

On a vu qu'un niveau ferrugineux fossilifère affleurerait près de Brak ; il a fourni notamment :

Spirifer tornacensis (très abondant),

Syringothyris cuspidata,

Martinia glabra,

des Productidés (semiréticulés et pustulés),

ainsi que des Rhynchonelles, des *Chonetes*, des Gastéropodes, des Lamellibranches, etc.

On retrouve, soit dans les autres niveaux ferrugineux, soit dans les grès lités, quelques rares empreintes de *Spirifer* (*Sp. cf. tornacensis*) et de grosses Rhynchonelles.

Cette faune, assez pauvre, est cependant incontestablement dinantienne et la présence du *Spirifer tornacensis* permet de conclure à la présence du Tournaisien.

LES SÉRIES DU ZELLAF :

Vers le S, le Tournaisien du Chati est surmonté par des alternances de grès et d'argiles ; les grès, qui prédominent, sont souvent à stratification entrecroisée et présentent de grandes dalles à ripple-marks. Quelques rares lentilles calcaires renferment de mauvaises empreintes de Productidés. Par analogie avec les séries comparables des Ajjer et de la frontière libyenne, on peut admettre que le Viséen commencerait avec ces grès.

II. Le Bassin Tebou

Les formations carbonifères réapparaissent dans la partie SE du Fezzan, en une longue bande d'affleurements de direction subméridienne. Cette bande s'élargit peu à peu et arrive à former, au S de Toumo, tout le Bassin de Madama.

Vers l'W, le Carbonifère se trouve recouvert par les Grès de Nubie qui forment les plateaux de Totomaye, de Tiy-Grounto, du Blaka, de l'Achelouma et du Mangueni.

Cependant, à la faveur de la trouée de l'Enneri Achelouma, on peut suivre les séries carbonifères jusque dans la région d'El Ouar et de Salvador, d'une façon discontinue il est vrai, du fait des importants recouvrements quaternaires. De là, elles se relient au Carbonifère du Pays Ajjer par les affleurements qui apparaissent au pied du Messak Mellet jusqu'à la hauteur de Tehi n'Tameilt.

Je n'ai pas étudié en détail ce Carbonifère et il n'est pas de mon intention d'en donner un exposé complet. Cependant, comme pour les autres étages du Primaire, il semble intéressant, étant donné le peu de connaissances que l'on possédait jusqu'à ce jour sur ces régions, d'en donner un aperçu rapide et de décrire les coupes les plus intéressantes.

1) LE CARBONIFÈRE DU SE DU PAYS AJJER : RÉGION DE SALVADOR ET D'EL OUAR.

Au pied de la falaise du Messak Mellet, du col d'Anaï à la région de Salvador, le Carbonifère est souvent masqué par les recouvrements quaternaires et les dunes de l'Iguidi Tin Merzouga. Les quelques affleurements visités au milieu du reg ne montrent que des dalles de grès ou de calcaires, avec de mauvaises empreintes de *Productus* (dont *Pr. cora*) ainsi qu'un niveau de calcaire à *Collenia* et à Algues (différent cependant des niveaux à *Collenia* du Fezzan).

Vers le bas de la série, apparaissent et se développent les ensembles de grès à stratification entrecroisée et nodules ferrugineux qui vont envahir la partie inférieure du Carbonifère dans tout le S du Bassin.

A une centaine de kilomètres au S d'Anaï, grâce à l'existence d'un grand golfe dans les grès de Nubie, le Carbonifère réapparaît largement dans la région de Salvador. Plusieurs

coupes presque complètes du Carbonifère peuvent être étudiées, l'une des plus détaillées étant celle levée à une trentaine de kilomètres au S de Salvador (fig. 59).

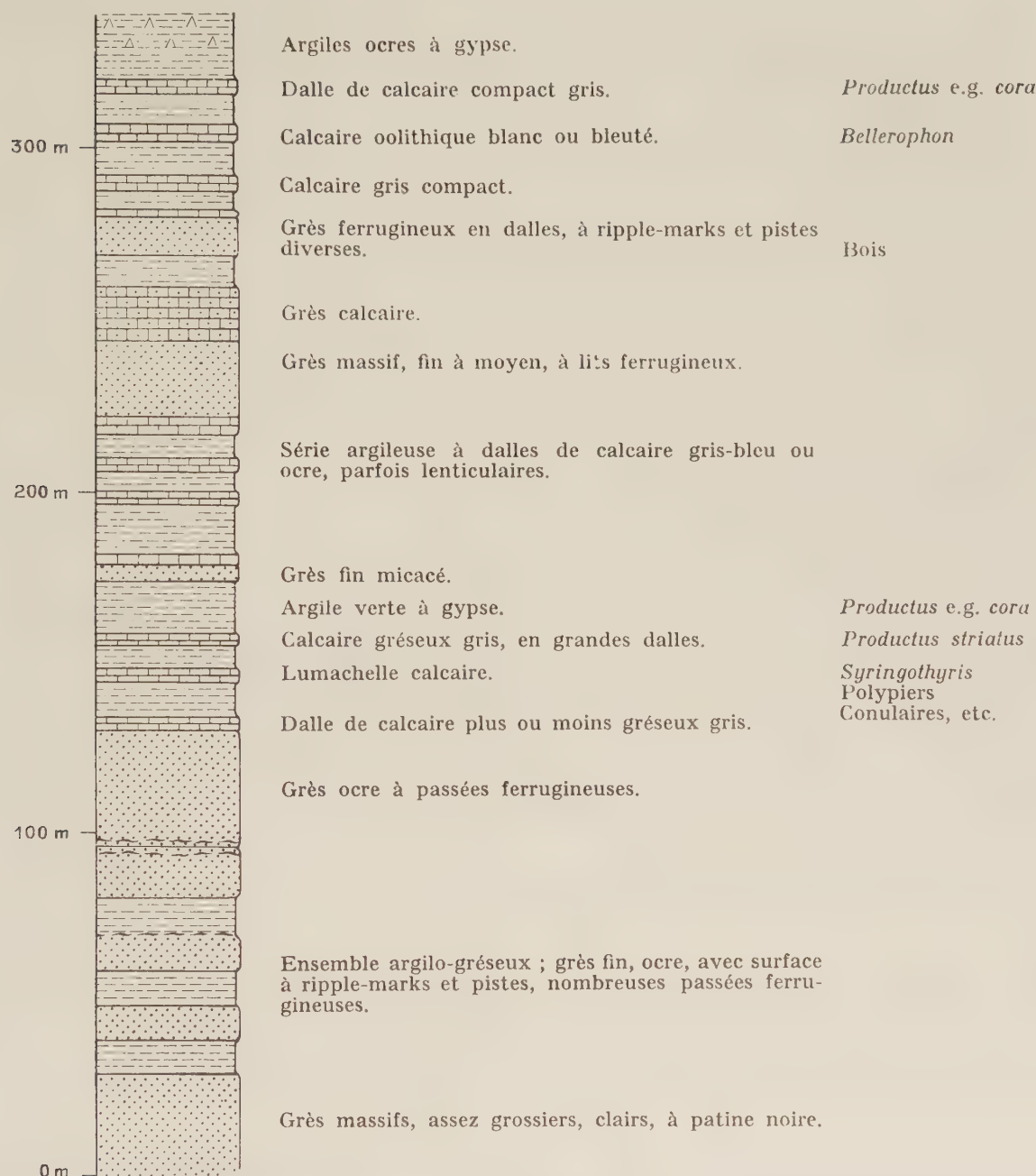


Fig. 59. Log des séries carbonifères des confins Ajjer-Tebou (coupe à 30 km au S de Salvador).

Là encore, les séries gréseuses de la base sont difficiles à dater. Le premier niveau intéressant est un banc de calcaires gréseux, parfois légèrement dolomitique, localement très

fossilifère, que la présence de *Productus striatus* permet de rattacher vraisemblablement au Viséen supérieur. En outre, on peut y signaler :

Productus ex. gr. cora,
Pustula sp.,
Syringothyris cuspidata,
Thylothyris lamilosa,
Sanguinolites sp.,
Lingula sp.,
Phillipsia sp.,

ainsi que des Conulaires, de petits Polypiers (*Lithostrotion sp.*), de petites Goniatites (*Beyrichoceras ?*), de nombreux Bryozoaires, des Orthocères, des dents et écailles de poissons non déterminés, etc.

Les autres niveaux calcaires ne fournissent que quelques *Productus* eg. *cora* et des *Syringothyris* ; il faut cependant noter, à la partie supérieure de la coupe, un lit de calcaire ocre à Gastéropodes, que l'on peut suivre à travers tout le Bassin de Madama et dans le S du Fezzan.

Région d'El Ouar :

Au S de Salvador, le recouvrement des Grès de Nubie ne laisse plus apparaître que les séries inférieures.

A Zouzoudinga par exemple, sous les Grès de Nubie qui couronnent la falaise, on observe un ensemble de grès plus ou moins ferrugineux ; souvent assez fins, avec de nombreuses surfaces à ripple-marks, alternant avec des argiles vertes. Les grès renferment quelques empreintes de Lamellibranches ¹. Vers la base, s'intercalent plusieurs minces niveaux calcaires, lumachelliques, avec de très nombreux *Chonetes* cf. *papilionacea* Phillips.

Puis, plus bas dans la série, au S de Zouzoudinga et sur le versant E de l'Enneri Blaka, apparaissent d'épais ensembles gréseux avec quelques passées argileuses. Les grès, souvent massifs, montrent de fréquentes stratifications inclinées à très grande échelle rappelant de véritables discordances. Ils renferment de nombreux bois (*Lepidodendron* et *Archaeosigillaria*), ainsi que de grandes Rhynchonelles (espèce nouvelle (?) mais déjà connue dans le Tournaisien du Sahara : Saoura, Touat, Fezzan...).

2) LE CARBONIFÈRE DU BASSIN DE MADAMA S. STR.

Ce sont les formations carbonifères qui affleurent dans toute la partie centrale de la cuvette de Madama, couvrant une surface de plus de 40.000 km², à travers les régions de

1. C'est dans des niveaux légèrement plus élevés, affleurant à une trentaine de km au S-SE de ce dernier point, que X. LANGLOIS a découvert une plaque de grès couverte « d'empreintes de Mytilidés du genre limnique, très voisins de *Nadaïtes carinata* Sow. du Westphalien ». Cette détermination était confirmée par P. PRUVOST. *Nadaïtes carinata* est une espèce du Namurien et du Westphalien inférieur. Cette découverte était l'argument paléontologique venant appuyer la création du Continental Post-tassilien, défini précédemment en se basant uniquement sur des considérations structurales (C. KILIAN, 1931). En réalité, ces niveaux de l'Enneri Achelouma correspondent bien à des phases subcontinentales, mais d'assez faible importance et incluses dans des séries essentiellement marines, allant effectivement, comme on le verra, jusqu'au sommet du Namurien (C. KILIAN et X. LANGLOIS, 1938).

Madama et de Mabrous, l'Ang'hamma, le Tchigaï et le Karana. Ces formations constituent un vaste synclinorium dont l'axe, légèrement NNW-SSE passerait à peu près par Madama et Mabrous. Les bords de cette cuvette sont très peu relevés et il est difficile de lever de bonnes coupes des séries dinantiennes. Le Carbonifère, relativement puissant — de 600 à 1.000 mètres en moyenne — montre toujours une prédominance des ensembles argilo-gréseux à la partie inférieure et une apparition progressive des marnes et des calcaires vers le haut. D'une façon générale, tous les niveaux sont excessivement pauvres en fossiles ; malgré de longues recherches, seuls quelques horizons ont fourni de mauvaises empreintes de Brachiopodes.

Une coupe de plus de 100 km, allant de la région de Latouma, dans le S du massif d'Afafi, jusqu'à Madama, a été résumée dans les logs suivants (fig. 60 et 61) assez schématiques du fait des conditions matérielles de travail dans cette région. Les faciès et les épaisseurs ne variant que de façon faible à travers la cuvette de Madama, cette coupe peut nous servir de base pour décrire les séries carbonifères. On a ainsi :

a) A la base, des grès plus ou moins grossiers, avec quelquefois des stratifications entrecroisées ou inclinées à grande échelle qui pourraient éventuellement être confondues avec de véritables discordances. Ces formations gréseuses, qui peuvent atteindre 200 à 300 mètres de puissance, sont lenticulaires ; elles peuvent disparaître presque complètement ou passer latéralement à des formations plus argileuses. Ces grès forment des reliefs qui se remarquent sur toute la bordure de la cuvette de Madama : Ehi Kourzo, près de Latouma, les Monts Wouringaï plus au S, mais surtout le petit massif de Defirou (petit dôme de près de 10 km de long, avec une altitude relative de près de 300 mètres).

Ils renferment souvent une flore à *Archaeosigillaria*, *Lepidodendron* et *Archaeocalamites*, avec également des empreintes de *Spirophyton* identiques à ceux connus dans le Dévonien. Le gisement le plus riche paraît être celui du Mont Defirou. Il est intéressant de remarquer que ces grès à Bois et *Spirophyton* qui prennent ici une importance inconnue dans le N du bassin, se retrouvent de l'autre côté du massif du Tibesti, soit au N de Largeau, soit dans l'ennedi.

Cette formation avait été attribuée à un Dévonien supérieur probable, mais il existe par endroits, à la base des grès, une petite lumachelle à *Syringothyris* ; on peut donc les considérer comme dinantiens.

b) Puis vient une succession argilo-gréseuse, avec quelques passées de calcaires gréseux, quelquefois fossilifères (*Rhipidomella michelini*...) ; les grès généralement fins, plus ou moins ferrugineux, se délitant souvent en plaquettes, montrent fréquemment des surfaces à ripple-marks.

c) Au-dessus, se développent des alternances d'argiles verdâtres et de dalles gréseuses et calcaires donnant naissance à de nombreuses petites cuestas. L'un de ces niveaux calcaires a fourni une petite lumachelle à Productidés de petite taille (*Productus* cf. *cora* et *Productus* cf. *striatus*) et *Spirifer* cf. *trigonalis*, faune qui caractérise habituellement le Viséen supérieur. Cette série argilo-calcaire, bien développée dans la région d'Ang'hamma et que l'on peut suivre jusqu'au N de Sobozo, rappelle les successions argilo-calcaires de Salvador ainsi que

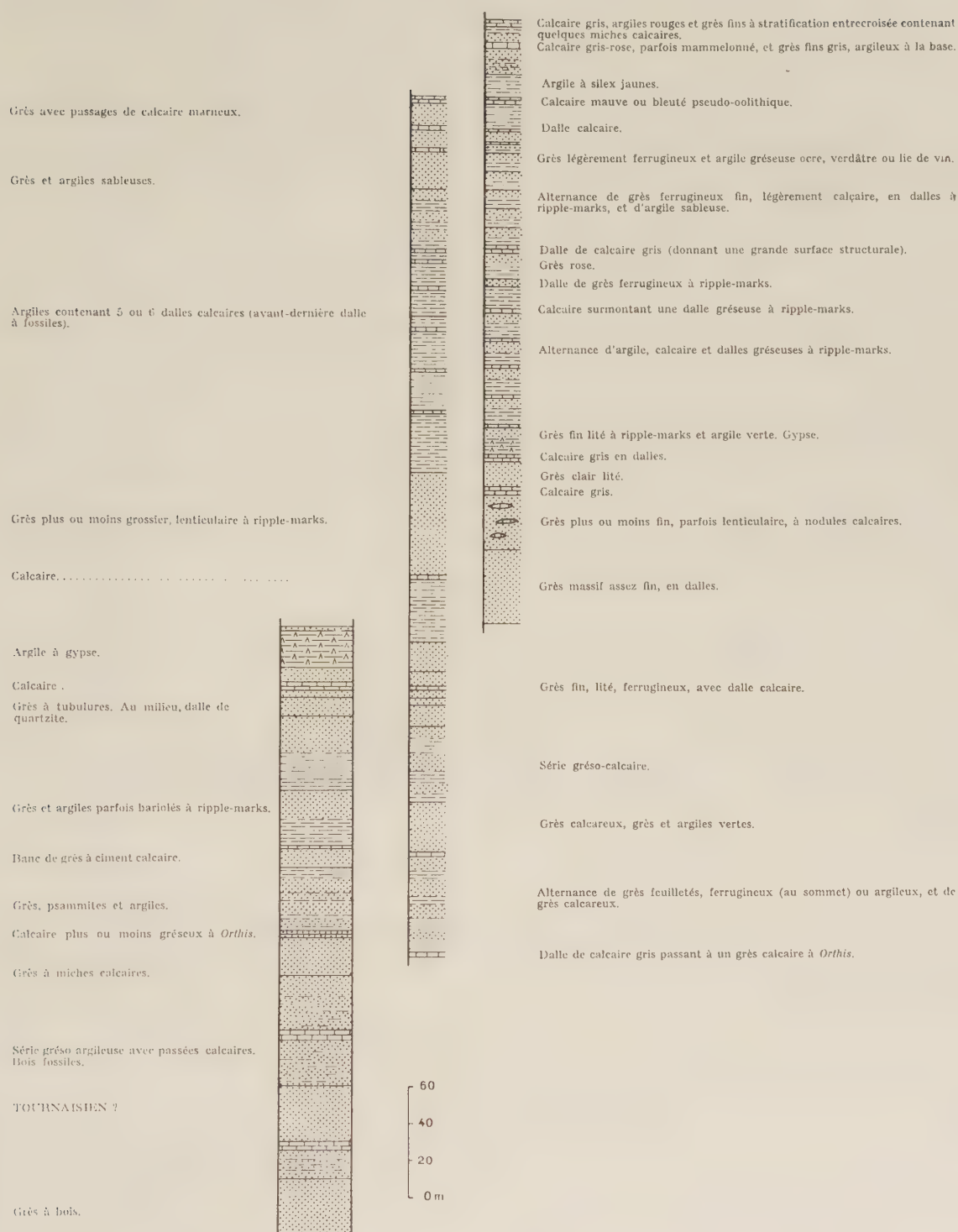


Fig. 61. — Log des séries carbonifères de Madama à Latouma.

celles connues dans la partie supérieure de la coupe de Serdelès (« série de l'oued Oubarakat »).

d) La partie supérieure du Carbonifère — « série de Madama » — montre des faciès un peu différents : dans un ensemble argileux apparaît d'abord une dalle de calcaire organodétritique bleu, passant quelquefois à des calcaires oolithiques, puis au-dessus, une deuxième dalle de calcaire beige, souvent dolomitique, avec des lumachelles à Gastéropodes. Enfin, à la partie supérieure, un dernier niveau de calcaire beige, gris ou violacé, massif et présentant souvent des lentilles à structures concrétionnées rappelant les *Collenia*.

Il est difficile de dater ces séries terminales, mais il est intéressant de remarquer que cette succession de calcaire organo-détritique ou oolithique, puis de calcaires dolomitiques à lumachelles à Gastéropodes et enfin de calcaires versicolores à pseudo-*Collenia* rappelle les séquences connues à la partie supérieure du Carbonifère dans le N du Bassin (Zegher, Serdelès et plus près Salvador) avec les dalles de calcaires organodétritiques bleus (Tisselatine...), les niveaux à Gastéropodes de la base des « calcaires multicolores » et les pseudo-*Collenia* connus à la partie supérieure de cette dernière série. Dans les deux régions, les calcaires sont souvent séparés par des niveaux d'argiles plus ou moins gréseuses, ocre ou bariolées.

Ces dernières formations affleurent surtout dans la région de Madama, dans la partie méridionale du débouché de l'enneri Achelouma et vers Mabrous. Plus au N, on les retrouvera au cœur de l'anticlinal du Jebel Ati.

3) LE CARBONIFÈRE DU SE DU FEZZAN.

Au N de la coupe effectuée précédemment de Madama à Latouma, les formations carbonifères se resserrent progressivement en une série monoclinale large seulement d'une quarantaine de kilomètres à la latitude de Toumo. Vers le N, en Libye, cette bande d'affleurements va se suivre sur près de 400 km jusqu'au Dor el Goussa, pour disparaître ensuite sous les Grès de Nubie du Jebel en Naga et du Dor el Goussa.

Jusqu'à la hauteur de Ouigh el Kebir, la succession des séries carbonifères est très voisine de celle observée dans le N de la cuvette de Madama, comme le montre la coupe de Logri, résumée dans le log suivant (fig. 62). Les séries terminales, non visibles à la hauteur de Logri, car recouvertes par les Grès de Nubie du Taga-Madoa, affleurent à peu de distance de là, au cœur de l'anticlinal du Jebel Ati.

Par contre, au N du 24^e parallèle, dans le Zeila, la région de la Garet Bou Heira et l'W du Meherchema, les séries carbonifères semblent se réduire assez sensiblement d'épaisseur. Malheureusement, toute cette zone comprise entre la piste de Ouigh el Kebir à Kourizo et celle de Ouaou el Kebir à Bir Ounar-Ouner est restée non reconnue jusqu'à ce jour. Plus au N, on ne possède que la coupe levée par M. LELUBRE, du Meherchema au Jebel Ben Guenema (B. Ounar-Ouner) ainsi que celle que l'on peut étudier le long de la piste automobile allant de Ouaou el Kebir à Tmessa et Zouila par le Jebel en Naga.

On aurait ainsi les ensembles suivants :

— A la base, toujours des grès à bois, formant les derniers niveaux du Meherchema, puis une alternance argilo-gréseuse, avec grès en plaquettes, à ripple-marks et traces.

— Au-dessus, dans une série argileuse avec quelques passées gréseuses, apparaissent les premiers calcaires : calcaires gris, assez souvent fossilifères (*Productus* cf. *cora*) puis calcaires organodétritiques, toujours à Brachiopodes. Certains niveaux sont de véritables lumachelles à Brachiopodes, Gastéropodes, Bryozoaires, etc. Un peu plus haut, viennent des calcaires à encrines et des calcaires dolomitiques beiges, à Gastéropodes.

Les séries carbonifères, bien que, semble-t-il, moins épaisses, montrent ainsi une succession qui pourrait se corrélérer assez bien avec les ensembles du Bassin Ajjer-Fezzan ou du Bassin Tebou. Malheureusement, des levés détaillés sont encore indispensables pour toute cette région du Fezzan oriental.

Âge des séries carbonifères

Nous avons vu la difficulté qu'il y avait à effectuer des coupures stratigraphiques précises dans les séries carbonifères du Pays Ajjer ou du Fezzan, et plus encore dans le S du bassin. Seuls, quelques rares niveaux ont pu être datés correctement et cela presque uniquement dans la partie occidentale. Cependant, la constance de certains niveaux-repères permet de tenter des corrélations à travers tout notre domaine. Il est possible maintenant d'arriver au schéma stratigraphique suivant :

Tournaisien : Connu en trois régions seulement : Tihemboka, Aouinet-Ouenin et Chati oriental, il n'est caractérisé, jusqu'ici, que par la présence de *Spirifer tornacensis* au milieu d'une faune dinantienne. *Sp. tornacensis* semblant jusqu'à ce jour s'arrêter au sommet du Tournaisien (Cl. PAREYN, 1957), je considère ces niveaux de transgression comme d'âge Tournaisien supérieur.

— *Viséen inférieur* : Les épaisses séries argilo-gréseuses de la base du Carbonifère (Série d'Issendjel, du N du Tihemboka, de In Habertène, de Serdelès, etc.) montrent quelques niveaux fossilifères avec notamment de nombreux Productidés (*Productus* eg. *cora*, *Pr. vauhanii*, *Pr. antiquatus*, *Pr. undatus*, *Pr. multispiniferus*, etc.), des *Spirifer* (*Sp. striatus*) et des *Syringothyris*, et quelques *Beyrichoceras*. L'ensemble de cette faune permet de rattacher très vraisemblablement au Viséen, et plus particulièrement au Viséen inférieur ces séries de base.

Viséen supérieur : à la partie supérieure des séries argilo-gréseuses précédentes, apparaissent plusieurs bancs calcaires avec une faune assez abondante ; les calcaires les plus supérieurs, organo-détritiques, passant vers l'E à des couches à *Collenia*. Ces niveaux renferment une faune caractérisant généralement le Viséen supérieur : nombreux Productidés (*Pr. punctatus*, *Pr. eg. semireticulatus*, *Pr. Gigantella giganteus*) et *Spirifer* (*Sp. striatus*, *Sp. grandicosta*, *Sp. gwineri*), *Pachypteria*, etc. C'est dans l'W, jusqu'à la frontière libyenne, que la faune est la plus caractéristique. Plus à l'E, si on retrouve toujours les mêmes faciès, les espèces caractéristiques disparaissent et il faut se baser sur la continuité des niveaux repères pour dater les séries.

— *Namurien* : Les horizons à *Collenia* sont recouverts par des séries argilo-gréseuses, avec de nombreuses intercalations de grès à bois, et des passées calcaires souvent luma-chelliques (Série de l'oued Oubarakat, de Tin Essameid, série inférieure de Souis, etc.). Tandis que les niveaux inférieurs ne fournissent qu'une faune peu variée, avec surtout des Productidés (*Pr. cora* avec de nombreuses variétés, *Pr. eg semireticulatus*, *Pr. interruptus*, etc.), à la partie supérieure apparaît une faune très riche, avec de nombreux *Gigantoproductus* (*Pr. Gigantella giganteus* et *Pr. Gigantella latissimus*) et grands polypiers (*Caninia*, *Dibunophyllum* et *Palaeosmilia*). Jusqu'à ce jour, j'attribuais à tous ces niveaux, en me basant notamment sur la présence des *Gigantoproductus*, un âge Viséen supérieur. La découverte très récente par des géologues de la C.E.P. (en cours de publication) d'une faune de Goniatites juste au-dessus des derniers niveaux à *Collenia*, avec notamment *Cravenoceras* cf. *gairense*, *Anthracoceras* cf. *paucilobum*, *Neoglyphioceras subcirculare*, *Homoceras* sp., permet maintenant d'attribuer d'une façon certaine toutes ces séries au Namurien, l'association des Goniatites précédentes caractérisant en particulier la zone E₂ du Namurien inférieur.

— *Bachkirien* : Nous avons vu que les séries namuriennes se terminaient fréquemment par des faciès de régression, grès continentaux ou argiles à gypse ; une lacune correspondant à une émergence semble très probable à ce niveau. Puis, apparaissent des séries dans lesquelles les calcaires prédominent (Série d'El Adeb Larache, « Série des calcaires multicolores », Série de Bourarhet, etc.). Ces horizons se caractérisent par un renouvellement de la macro-faune (disparition des *Gigantoproductus* et des grands Polypiers, apparition de nouvelles formes de Productidés, envahissement de certains niveaux par des Gastéropodes) coïncidant avec l'apparition d'une microfaune extrêmement riche (*Bradyina*, *Globivalvulina*, *Plectoggyra*, et surtout *Profusulinelles*). La découverte récente par des géologues de la C.E.P. d'une Goniatite à la partie supérieure de ces séries (*Eoparalegoceras clariondi*, du Westphalien de Kenadza), permet de les rattacher au Westphalien du NW de l'Afrique ou des Asturies. Cependant, c'est surtout avec les bassins carbonifères russes que les comparaisons et les corrélations sont les plus faciles. En particulier, ces séries à *Profusulinelles* correspondent exactement au Bachkirien à *Profusulinelles* bien connu notamment dans le Bassin de Moscou et sur le versant occidental de l'Oural (c'est-à-dire la partie inférieure de l'ancien Moscovien de E. HAUG). C'est pourquoi j'ai introduit le terme de Bachkirien dans la stratigraphie de cette partie du Sahara, de préférence au Westphalien avec lequel les corrélations sont plus délicates ou au Moscovien qui semble voué à l'abandon du fait de son imprécision.

LA SÉRIE DE TIGUENTOURINE :

Au-dessus de ces derniers niveaux calcaires se développe une série apparemment en majeure partie continentale, formée d'argiles à gypse et de grès, c'est la « Série de Tiguentourine », définie dès 1948 par A.-F. DE LAPPARENT et M. LELUBRE. Plissée lors des phases hercyniennes avec le matériel paléozoïque, recouverte en discordance au moins apparente par les autres séries continentales du Zarzaïtine et du Taouratine, elle semble bien représenter les derniers dépôts régressifs du Carbonifère.

La prédominance, en son sein, d'argiles, fait que ses affleurements sont recouverts dans la plupart des cas par de grandes zones de daïas et de sebkhas, ce qui en rend l'étude assez

difficile autrement qu'en forages. En quelques points cependant, comme en bordure de l'Edjélé Tan In Azaoua et dans la région même de la structure dite de Tiguentourine, on peut en lever quelques coupes à peu près complètes.

Vers l'W (flanc est de la structure de Tiguentourine), cette série est formée par une centaine de mètres d'argiles rougeâtres, kaolinitiques, avec quelquefois des passées vertes ou jaunes, et reposant sur des calcaires verdâtres, à concrétions ferrugineuses, représentant les derniers termes de la série d'El Adeb Larache. Au milieu de cette série argileuse se montrent quelques petits bancs de calcaires marneux feuilletés alternant avec des lits de rognons dolomitiques jaunâtres ou de calcaires blanchâtres ; vers le sommet, apparaissent quelques passées de calcaires gris ou verdâtres et un niveau de gypse, épais de un à plusieurs mètres, qui ressort même dans la morphologie. De l'anhydrite peut aussi s'y trouver, notamment dans les forages.

Vers l'E (flanc E de l'Edjélé Tan In Azaoua), cette série est toujours à prédominance argileuse, mais montre l'apparition progressive de grès : à la base, des argiles rougeâtres, à gypse, reposent sur des calcaires blancs, saccharoïdes. Puis, vers le milieu, apparaissent des grès fins, roses, alternant avec des argiles à gypse. Au-dessus, on retrouve les argiles rouges, vertes ou jaunes, avec petits lits de silex jaunes. La série semble se terminer par des grès fins, sableux, gris-ocre. La série de Tiguentourine semble ici plus épaisse que vers l'W et doit atteindre 200 à 250 mètres.

Plus à l'E enfin, en Libye, seuls quelques niveaux de grès gris, à stratification entrecroisée, affleurant au milieu d'argiles rougeâtres, dans la grande dépression au pied de l'Adrar Ben Drich sont à rattacher à cette série.

Comparaisons et corrélations

L'ensemble des bassins carbonifères sahariens (Gourara, Ahnet, Mouydir, Ajjer et Fezzan, etc.) peut être groupé en une *province terrigène méridionale* correspondant à la bordure du continent africain, et s'étendant du Draa au Fezzan, et plus à l'E, de l'Égypte à l'Altaï par l'Iran et le Fergana (Cl. PAREYN, 1957), tandis que les bassins du sud-oranais s'intègrent dans une *province calcaire centrale*.

Au Sahara même, les différents bassins carbonifères peuvent se répartir en deux grands domaines, bien individualisés :

— D'un côté, un *domaine occidental*, se reliant au domaine marocain et groupant les bassins du sud-Oranais, de Tindouf et de Taoudéni, de la Saoura, du Gourara, de l'Erg Chech, du Touat, de l'Ahnet et du Mouydir. Il se caractérise par une série stratigraphique très complète allant du Strunien au Namurien inférieur, et localement des formations continentales westphaliennes et stephaniennes.

— De l'autre, un *domaine oriental*, couvrant le Pays Ajjer et le Fezzan ; il englobe vers le S, le Bassin de Djado et de Madama, et on peut y rattacher, malgré leur isolement, les affleurements de l'W de l'Aïr, ainsi que ceux des Erdis, à l'E du Tibesti. Il se relie peut-être



l

d

T

le

c

o

le

q

n

p

q

d

a

g

g

v

fi

d

c

B

F

d

p

d

d

b

d

c

t:

le

a

vers le N au Carbonifère du sud-Tunisien. Il se caractérise par une série stratigraphique plus ou moins incomplète, allant du Tournaisien supérieur ou du Viséen à un Namurien supérieur, à un Bachkirien ou à un Moscovien marin.

Comme pour les autres étages du Paléozoïque, il va être difficile d'établir des comparaisons valables entre les séries carbonifères du Pays Ajjer et du Fezzan, et celles des autres bassins classiques du Sahara occidental, les résultats des nombreuses études en cours depuis 1950 sur les bassins primaires de ces régions n'ayant été encore que très partiellement publiés. Dans le tableau provisoire suivant, je donnerai, comme précédemment, un essai de corrélations des principales séries carbonifères du Sahara occidental et central, utilisant notamment les travaux de Cl. PAREYN (1957), de N. MENCHIKOFF (1930, 1933), de A. MEYENDORFF (1938, 1939), de J. FOLLOT (1952).

Esquisse paléogéographique

La paléogéographie du Carbonifère de la Plateforme saharienne suit, d'une manière générale, un schéma devenu classique (v. carte h.-t.).

Réfugiées, à la fin du Dévonien, au fond de quelques golfes (Gourara, Touat et Ahnet, Draa) les mers repartent à la conquête de nouveaux domaines dès le Tournaisien inférieur, envahissant la plus grande partie du Sahara nord-occidental jusqu'au fond de l'Ahnet. Le Tournaisien supérieur les voyait progresser jusqu'au Fezzan, à travers le Mouydir et le Tassili n'Ajjer. Enfin, après une période d'équilibre au Viséen inférieur, la transgression carbonifère atteignait son ampleur maximum au Viséen supérieur. Le Namurien voyait s'amorcer, en certaines régions, une régression plus ou moins importante, tandis qu'en d'autres, principalement vers le centre et l'E, les mers conservaient leur équilibre. La fin du Namurien inférieur coïncide, à travers tout le Sahara, à une régression généralisée. Enfin, tandis qu'apparaissent vers le NW de la plateforme, les premiers dépôts de bassins paraliques (Westphalien de Colomb-Béchar et de Kénadza) alternant toujours avec des lèches marines plus ou moins importantes, le NE du Sahara voyait arriver une nouvelle transgression (Bachkirien du Pays Ajjer ou Moscovien du sillon atlasique, du sud-Tunisien à la région de Borj-Nili).

Au Tassili n'Ajjer et au Fezzan, nous retrouvons le même schéma d'ensemble, avec quelques variations de détail :

LA TRANSGRESSION TOURNAISIENNE.

Il semble bien que les grandes dorsales que l'on a vu se dessiner dès le Dévonien (Amguid, frontière libyenne, Jebel Fezzan) soient restées émergées au moins jusqu'au Viséen inférieur. Dans le même temps, l'érosion de la frange continentale donnait naissance aux épaisses séries gréseuses qui caractérisent toute la partie inférieure du Carbonifère. A la fin du Tournaisien, la mer envahit les zones les plus déprimées du bassin, Tihemboka et bordure du Jebel Fezzan (Aouinet-Ouenin et Chati). Le remaniement des formations continentales (latérites ? de la fin du Dévonien) est à l'origine des très nombreux horizons ferrugineux qui marquent

la base du Carbonifère (oolithes ferrugineuses du Chati, argiles à oolithes d'oligiste d'Aouinet-Ouenin ou du Tihemboka, hématite de Guira, etc.).

LES MERS VISÉENNES ET NAMURIENNES.

Pendant la plus grande partie du Viséen et du Namurien inférieur, tout le N et le NE du Sahara central devaient être couverts par des mers épicontinentales, parsemées probablement de nombreuses îles, et dans lesquelles arrivaient de grands fleuves drainant le continent, alors couvert sans doute par des forêts à *Lepidodendropsis* (grès à Bois du Viséen et du Namurien). Cherchant à comparer ces mers dinantiennes avec des mers actuelles, c'est avec certains bassins du SE asiatique que j'ai trouvé les ressemblances les plus frappantes : en particulier les mers épicontinentales bordant la péninsule malaise (Golfe du Siam — mers bordières de l'Indochine) ainsi qu'une partie de la mer de Chine, en particulier le détroit de Formose, récemment étudiée en détail par Hiroshio NIINO et K.-O. EMERY¹. Dans le cas de la mer carbonifère du Sahara central, il est cependant difficile d'essayer de reconstituer les conditions paléogéographiques d'une façon précise, tant que l'on ne possédera pas de données supplémentaires (forages, etc.). On retrouve toujours les grandes lentilles gréseuses correspondant aux apports détritiques en provenance du continent. Des mouvements du socle, peu importants mais se succédant pendant tout le Carbonifère inférieur, ont dû entraîner un rajeunissement continu des reliefs continentaux. Aux moments de calme, se formaient les nombreux niveaux de calcaires organodétritiques ; la richesse de la faune (avec de nombreux grands Polypiers, associés à des Brachiopodes géants, *Gigantoproductus*, *Pachypteria*...) ainsi que la présence de nombreux niveaux de calcaires oolithiques tendraient à indiquer une mer chaude, largement ouverte avec de nombreux courants. **Il faut noter cependant l'absence totale de véritables récifs.**

LES HORIZONS A COLLENIA.

Ces Stromatolithes seraient le produit de l'activité d'Algues (Cyanophycées ?) se développant sur de vastes hauts-fonds, sous une très mince couche d'eau. Contrairement à ce qu'on a pu conclure au sujet de la formation des Stromatolithes de plusieurs régions (Sibérie, grands lacs australiens...), les *Collenia* du Carbonifère Ajjer se sont certainement formés en milieu marin ; la présence de fragments de *Syringothyris* et de *Spirifer* encroûtés directement par des *Collenia* en apporte une preuve directe.

LA RÉGRESSION DU NAMURIEN SUPÉRIEUR ET LA MER DU BACHKIRIEN.

Liée à une première phase importante de l'orogénie hercynienne, une régression généralisée marque, à travers toute la plateforme saharienne, le début du Namurien supérieur.

1. Hiroshio NIINO and K.-O. EMERY. Sediments of shallow portions of East China Sea and South China Sea. Office of Naval Research, n° 228 (12).

Nous avons vu que cette régression correspondait, dans le Pays Ajjer, à des lacunes locales, avec des gypses et des grès continentaux. Tandis que vers l'W, cette régression sera définitive, dans tout le domaine oriental, nous assisterons à une nouvelle transgression en provenance du NE. Une grande mer épicontinentale va couvrir la plus grande partie du Fezzan et du Pays Ajjer ; les apports détritiques seront réduits au minimum et l'on assiste à une sédimentation de calcaires organodétritiques très riches en organismes de toute sorte, avec même localement de nombreux calcaires oolithiques. Cependant, cette mer devait être très fermée, comme en témoigne le caractère souvent aberrant de la faune (pullulation des formes naines de *Bellerophon*...).

Enfin, les gypses et les argiles rouges de la série de Tiguentourine marquent la régression terminale des mers carbonifères.

ESQUISSE PALÉOGÉOGRAPHIQUE DU CARBONIFÈRE MOYEN

- Moscovien (Bachkirien)
- Namurien



CHAPITRE IX

APERÇU SOMMAIRE SUR LES SÉRIES POSTPALÉOZOIQUES

Introduction

Il ne peut être question d'aborder ici une étude d'ensemble des séries postpaléozoïques du N des Ajjer et du Fezzan. Cette étude qui sortirait de notre cadre, a d'ailleurs été entreprise par plusieurs géologues ayant déjà publié le résultat de leurs recherches ou s'apprêtant à le faire.

Il me semble toutefois utile de donner ici les quelques coupes que j'ai pu étudier à travers les « Grès de Nubie » du Fezzan, étant donné le très petit nombre d'observations publiées sur cette formation. Un court aperçu du Continental intercalaire du N du Tassili n'Ajjer devenait alors indispensable pour essayer des corrélations entre les deux bassins mésozoïques.

I. LES SÉRIES MÉSOZOIQUES DU N DU TASSILI N'AJJER ET DU FEZZAN.

Elles affleurent, dans la partie N du Bassin Ajjer, sur 400 km environ d'W en E, de part et d'autre de la frontière libyenne. Étudiées en particulier par A.-F. DE LAPPARENT, M. LELUBRE, J.-P. LEFRANC, P. CLARACQ et F. NOUGAREDE, on peut, dès l'abord, y distinguer deux ensembles bien distincts :

1) A la partie inférieure, le *Continental intercalaire*, comprenant, suivant la définition de C. KILIAN (1931), toutes les séries continentales comprises entre les dernières assises marines carbonifères et les premiers témoins de la transgression cénomanienne.

2) A la partie supérieure, le *Crétacé supérieur marin*, avec les formations du Cénomanién supérieur, du Turonien et du Sénonien qui forment les grands plateaux reliant le Sahara central au sud-Tunisien ou à la Tripolitaine : Tinrert et Hamada el Homra.

LE CONTINENTAL INTERCALAIRE DE LA FRONTIÈRE LIBYENNE.

Le premier essai d'interprétation stratigraphique des séries continentales qui affleurent au N du Bassin Ajjer a été tenté en 1948, par A.-F. DE LAPPARENT et M. LELUBRE. Leur

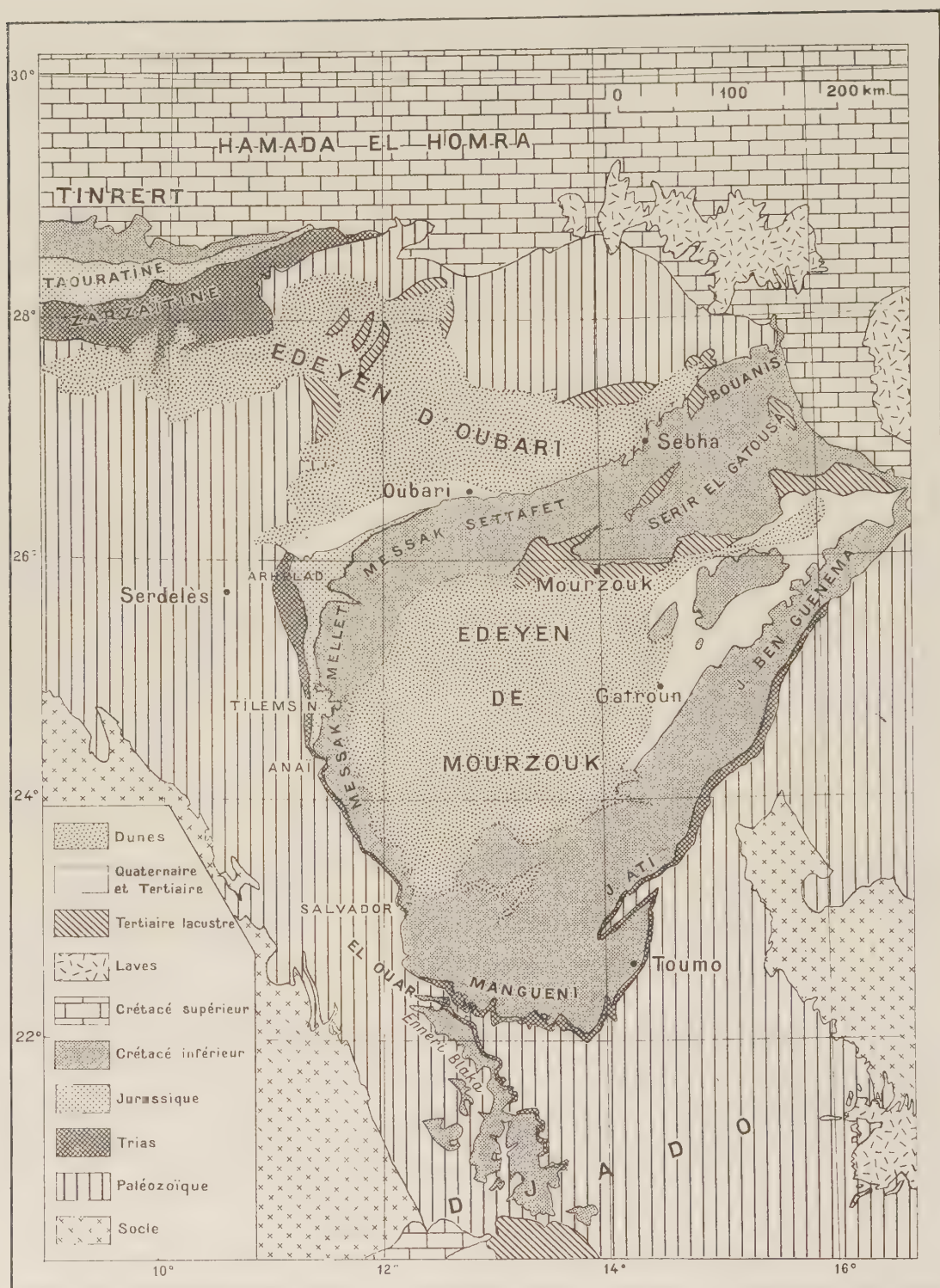


Fig. 63. — Carte des formations post-paléozoïques.

coupure en trois séries distinctes de l'ensemble compris entre les derniers niveaux carbonifères (ici, les argiles à gypse de la « Série de Tiguentourine ») et le Crétacé supérieur du Tinrert a été conservée. La découverte récente, par plusieurs géologues de la C.R.E.P.S., de très intéressantes faunes (principalement des Vertébrés) et flores, a permis de dater certaines de ces séries et d'esquisser des corrélations assez larges avec les ensembles continentaux semblables des bassins du Sahara septentrional. On a ainsi :

1) *La Série de Zarzaïtine* à la base. Elle tire son nom de la grande falaise qui s'étend à l'W de la frontière libyenne, juste au N de l'Erg de Bourarhet, et qui est formée entièrement par des sédiments de cette série. A l'E de la frontière libyenne, après une grande remontée qui coïncide avec la dorsale de l'Edjélé Tan In Azaoua, elle forme à nouveau l'Adrar Ben Drich, qui apparaît vers l'E comme l'homologue de la première falaise.

La partie inférieure de cette série est formée par une alternance de grès, souvent à stratification entrecroisée, et d'argiles kaolinitiques rougeâtres. De fréquents niveaux ferrugineux pourraient représenter des paléosols. Cet ensemble a fourni de nombreux bois ferruginisés et d'assez nombreux débris de Vertébrés : Dinosaurien théropode connu dans le Trias supérieur et le Lias inférieur, et surtout de nombreux restes de Stégocéphales (Capitosauridés) étudiés par J.-P. LEHMAN (1957). Ce sont ces Stégocéphales qui ont permis de dater cette série du Trias, très probablement supérieur.

La partie supérieure de la série montre une alternance d'argiles rougeâtres quelquefois sableuses, et de grès plus ou moins silicifiés, avec des passages de calcaires dolomitiques.

L'ensemble de la Série de Zarzaïtine atteint 200 à 250 mètres de puissance en moyenne.

2) *La Série de Taouratine*, épaisse en moyenne de 250 à 350 mètres, quelquefois 400, reposerait sur la Série de Zarzaïtine en légère discordance (discordance de ravinement) (J.-P. LEFRANC, 1958). La base montre des argiles rouges et violacées avec des grès grossiers, souvent à stratification entrecroisée, alternant avec des grès ferrugineux, des grès-quartzites et des grès à dragées ? C'est dans la partie supérieure de ce premier ensemble que se trouve une assez riche faune de Vertébrés du Jurassique supérieur : *Onchopristis*, *Lepidotus*, *Asteracanthus*, *Hybodus*, *Ceratodus*, etc. (A.-F. DE LAPPARENT, 1959). Ces mêmes niveaux ont fourni également une flore assez riche, avec de nombreux bois silicifiés et ferruginisés, de nombreuses empreintes, notamment de *Weichselia*, etc. Cette flore à Filicales est caractéristique du Jurassique et déjà connue en plusieurs points de l'Afrique, notamment dans l'extrême-sud Tunisien (E. BOUREAU et A.-F. DE LAPPARENT, 1951).

A la partie supérieure de cette série, apparaissent des quartzites à grains grossiers et des calcaires gréseux.

Ainsi encadrée par une série que l'on peut considérer comme appartenant au moins en partie au Trias supérieur et par une autre d'âge crétacé inférieur, cette Série de Taouratine apparaît bien d'âge jurassique, peut-être même jurassique supérieur.

3) *La Série des argiles du Djoua* (LEFRANC, 1958) ou *Série d'In Akhamil* ou *argiles à gypse du Crétacé inférieur* (C.R.E.P.S., 1957) : pouvant reposer elle-même en légère discordance sur la Série de Taouratine, elle est recouverte directement par les formations marines du Cénomanien supérieur. Elle est formée en majeure partie d'argiles : argiles bariolées, souvent gypseuses, à passées sableuses et petits bancs de grès fins, avec de minces passées

dolomitiques. Cette série a une puissance de 120 à 200 mètres environ. Les argiles ont fourni des débris de Vertébrés (Poissons, Reptiles, etc.) et plusieurs petits bancs calcaires montrent des empreintes de Lamellibranches : des Corbulidés, des Mytilidés, etc., qui pourraient caractériser le Crétacé inférieur (A.-F. DE LAPPARENT et M. LELUBRE, 1948). Au-dessus, viennent d'autres argiles plastiques, bariolées, riches en gypse, rattachées par les uns à cette série du Djoua, ou considérées par d'autres comme un terme particulier, d'âge cénomanien inférieur.

SÉRIES CONTINENTALES DE L'ERG D'ISSAOUANE.

Le Namurien qui affleure dans la partie N de l'Erg d'Issaouane est recouvert par des calcaires conglomératiques à grains de quartz qui représentent très probablement des formations lacustres tertiaires. Cependant, entre ces calcaires lacustres et le Carbonifère, apparaissent quelquefois des lambeaux de grès grossiers à kerbours, identiques à ceux du Zarzāitine ou du Taouratine.

A l'W des anticlinaux de la partie centrale de l'erg d'Issaouane affleurent des grès à niveaux ferrugineux, lentilles quartzitiques et bois fossiles que l'on pourrait rapporter à la série de Taouratine.

II. LES GRÈS DE NUBIE.

Le terme de « Grès de Nubie » a été attribué par RUSSEGER en 1839 à des séries de grès continentaux du désert égyptien. Il est maintenant devenu classique, à travers le désert libyque, l'Égypte, les Chaînes Arabiques et même le N de l'Arabie, pour désigner des séries compréhensives de dépôts continentaux — avec, localement de minces lèches marines — pouvant aller de la base du Paléozoïque au Tertiaire (SANDFORD 1935, 1948 - FRITEL et BARTHOUX 1925 - STROMER 1936).

Ce terme a été repris par les géologues italiens, notamment par A. DESIO 1935, 1939, pour des formations continentales, d'âge mésozoïque, de la cuvette fezzanaise. C'est toujours dans ce sens restreint que nous emploierons le terme de « Grès de Nubie ».

Les Grès de Nubie du Fezzan ont ennoyé une vaste dépression, entre les massifs du Tadrart, du Djado, du Meherchema et du Jebel Fezzan. Les données que nous avons sur la puissance de cette série, notamment les mesures d'épaisseur effectuées le long des grandes falaises du Messak et dans la région sud du Fezzan montrent l'existence d'une vaste « gouttière » allant de la corne NW du Messak à la région de Toumo, en suivant en gros une direction NW-SE. En s'éloignant de cet axe, zone où les sédiments gréseux dépassent 500 à 600 mètres d'épaisseur pour atteindre au moins 800 mètres dans la région du Messak Settafet et du Jebel Ati, les Grès de Nubie se réduisent régulièrement pour se terminer finalement par un assez mince placage (de 10 à 50 mètres en moyenne) venant recouvrir la surface anténubienne : vers le S, région de l'Enneri Blaka ; vers le NE, zone du Bouanis à l'E de Sebha et N du Jebel Guénéma.

C'est dans la partie NW de cette cuvette, vers le Messak Settafet que les coupes apparaissent les plus complètes et permettent de tenter avec quelques vraisemblances des

corrélations avec les séries du Continental intercalaire de la région de l'Edjélé Tan In Azaoua et du S du Tinrert.

COUPE DES GRÈS DE NUBIE DEPUIS IFAFANE TEHED JUSQU'A TEHI N'ARHELAD.

Cette coupe part des derniers affleurements carbonifères à l'E de Serdelès, pour aboutir à la grande falaise du Messak Settafet, à la hauteur de la passe de Tehi-n'Arhelad et de l'aguelmam d'Iskaouène, en suivant un profil situé en moyenne à une dizaine de kilomètres au S de la piste automobile de Serdelès à Oubari.

On a ainsi, de bas en haut :

1) Reposant sur les calcaires namuriens de la région de Serdelès, une série de grès bruns et d'argiles rougeâtres ; vers le haut apparaissent des grès ocres, fins, plus ou moins argileux, quelquefois à stratification entrecroisée ; ils peuvent contenir des fragments roulés de calcaires carbonifères et des morceaux de bois silicifiés.

2) Un niveau lenticulaire de grès ocres, friables, repose quelquefois directement sur le Carbonifère. Une zone d'une trentaine de centimètres d'épaisseur renferme de très nombreux lamellibranches à test calcaire conservé. D. MONGIN (1954) y a reconnu, parmi des Myidés, des Nuculidés et de gros *Unio* connus dans les séries continentales crétacées du Niger, deux espèces particulières :

Cyrena lato-ovata Roemer (du Wealdien allemand) et *Praecardiomya sinaitica* Awad (du Cénomanien du Sinaï).

3) Au-dessus, couronnant la première petite falaise d'Ifafane Tehed, apparaît un niveau d'une quinzaine de mètres de grès ocres, plus ou moins fins, à galets de grès, de calcaires ou d'argiles remaniés.

4) Puis, un ensemble d'argiles sableuses grises ou ocres et de grès argileux bruns ; on y trouve quelques bois silicifiés avec des fragments d'os de Reptiles non déterminables. A la partie supérieure, intercalation de plaquettes de calcaires lacustres.

5) La série suivante, avec des grès ocres et des argiles, est recouverte pour la plus grande partie, par des formations de regs. La petite falaise d'Ikaraff montre des grès ocre-clair, souvent assez grossiers, alternant avec des niveaux argileux, brun-rougeâtre.

6) A la hauteur de la zone d'épandage de l'oued Tinis, vient ensuite une alternance de grès fins, ocres, à stratification entrecroisée et ripple-marks, de grès clairs avec concrétions ferrugineuses ou silicifiées, de grès gris-blanchâtre, plus grossiers, avec des surfaces montrant des traces de dessiccation polygonale et d'argiles plus ou moins sableuses.

7) Les séries suivantes constituent l'ensemble même des falaises du Messak Settafet, à la hauteur de la passe de Tehi-n'Arhelad, avec :

- Vers la base, des grès ocres, grossiers, souvent à stratification entrecroisée, avec kerboubes, bois silicifiés... et surfaces ferrugineuses.

— Puis dans un ensemble assez épais de grès moyens à grossiers, souvent à stratification entrecroisée, apparaissent de grandes lentilles d'argiles multicolores à dominantes mauves ou rouges ; ces argiles, formées presque uniquement par de la kaolinite, sont souvent silicifiées.

— Plusieurs niveaux d'hématite rouge représentent vraisemblablement de vieux sols. Un niveau ferrugineux ravine les grès sous-jacents.

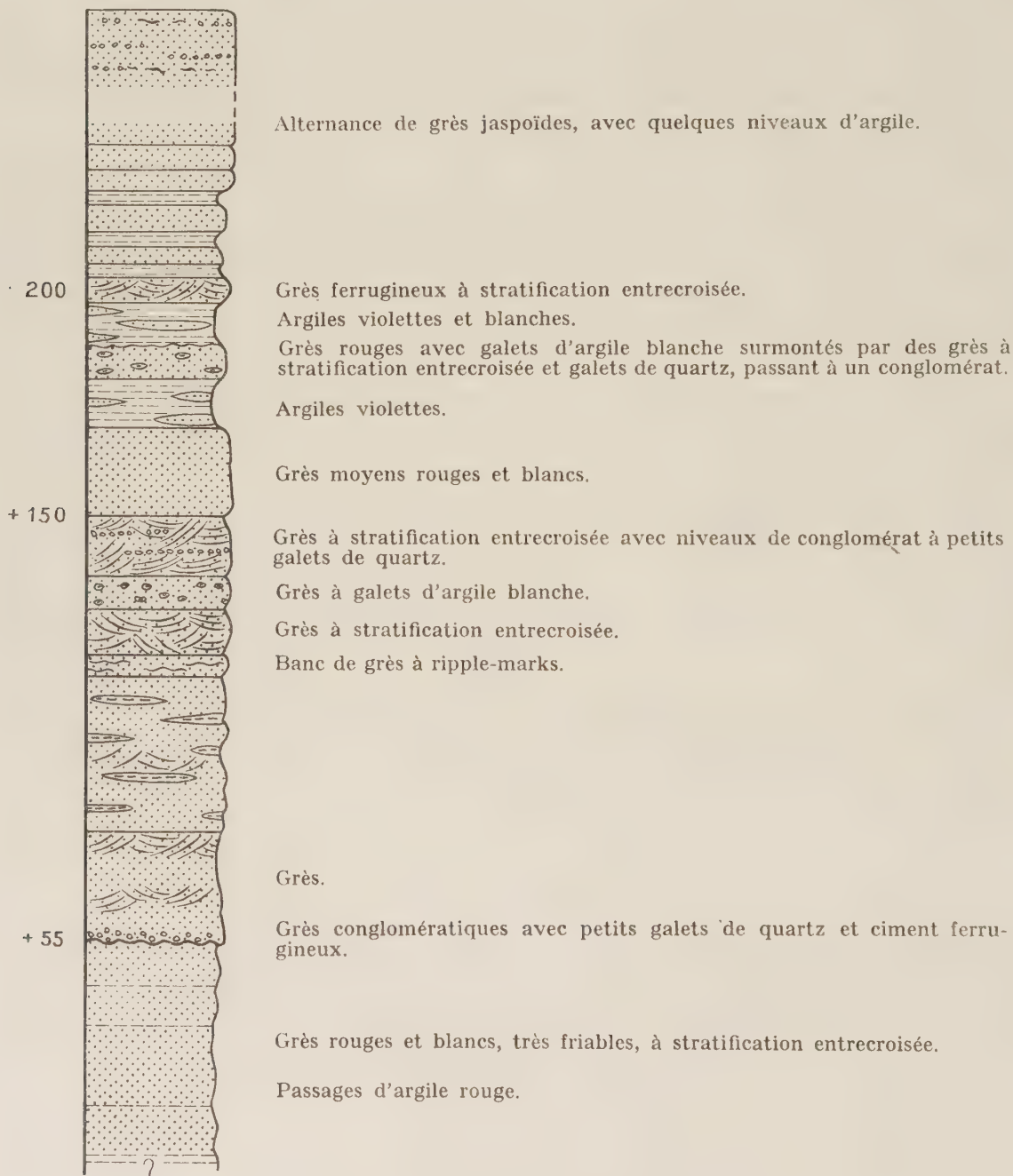


Fig. 64. — Log des Grès de Nubie d'Anai.

C'est un de ces niveaux qui a fourni une riche flore étudiée par E. BOUREAU ; ce gisement de Tehi-n'Arhelad a été découvert pour la première fois par M. LELUBRE en 1944 et j'ai pu ensuite l'exploiter à plusieurs reprises. Au milieu de nombreuses empreintes, on peut citer :

Weichselia reticulata Stokes et Well,

Cladophlebis zaccagnai Principi,

Cladophlebis albertsii Dunker.

Des frondes fertiles de *Matoniaceae* avec des synanges étoilées du type *Lacopteris*, et en particulier du *Phlebopteris* (= *Lacopteris*) aff. *muensteri* Schenck.

Yuccites (avec certaines empreintes se rapprochant fortement de *Y. burgundiacus* Saporta).

Cette flore, qui est la flore typique de la série de Taouratine, s'apparente fortement aussi à celle de Jefren, en Tripolitaine (à 400 km au N du Messak Settafet) par sa composition, malgré le faciès différent.

8) Les Grès de Nubie se terminent, sur une centaine de mètres, par une alternance de grès plus ou moins grossiers, à stratification entrecroisée, avec de grandes lentilles d'argiles sableuses jaunâtres ou ocre, d'argiles souvent silicifiées, violettes avec des passées jaunâtres et de niveaux ferrugineux. Les bois silicifiés, toujours du type homoxylé, sont fréquents à tous les niveaux.

9) La falaise du Messak Settafet est couronnée par une dalle épaisse de 5 à 10 mètres de grès quartzites ou de grès jaspoïdes, souvent à petits graviers de quartz ; il semble bien que ce niveau ne représente pas un banc stratigraphique mais résulterait plutôt d'une altération secondaire.

A un peu moins de 200 km au S, au col d'Anaï, on observe une coupe analogue, résumée dans le log ci-contre (fig. 64).

Les flores du continental intercalaire.

Les séries continentales du Mésozoïque montrent plusieurs flores différentes superposées :

— A la base, une flore du Trias, peu caractéristique.

— Puis, au Jurassique (série de Taouratine et partie médiane des Grès de Nubie du Messak) flore à *Filicales* (*Weichselia*, etc.).

— Au Crétacé, apparition d'une nouvelle flore, essentiellement caractérisée par les *Gymnospermes* : nombreux bois homoxylés à caractères araucariens (*Dadoxylon* et *Protopodocarpoxydon*).

- Enfin, à la fin du Mésozoïque, apparition d'une flore dano-montienne à Angiospermes.

Comparaisons et corrélations

On peut résumer les faits exposés ci-dessus dans le tableau suivant (fig. 65).

		SAHARA ALGÉRIEN ET N. FEZZAN (Tinrert et Homra)	FEZZAN	KAOUAR-DJADO	DÉSERT LIBYQUE	BASSINS INTÉRIEURS Ahaggar-Tibesti
TERTIAIRE	Néogène	Tertiaire lacustre	Tertiaire lacustre		Continental terminal	
	Paléogène	Eocène (transgression lutétienne)	Eocène (transgression lutétienne)			
CRÉTACÉ SUPÉRIEUR		Sénonien		Grès de Bilma		
		Turonien	GRÈS	Turonien	GRÈS	Continental intercalaire s. I.
		Cénomanién	DE	Cénomanién	DE	(série de Serouenout d'Aozou...)
CRÉTACÉ INFÉRIEUR ET JURASSIQUE			NUBIE		NUBIE	
		Continental inter- calaire s. str. - séries des argiles du Djoua ou série d'In Akhamil - série de Taouratine - série de Zarzaitine		« Continental intercalaire » s. str.		

Fig. 65. - Corrélatons des séries post-paléozoïques.

CHAPITRE X

STRUCTURE ET TECTONIQUE

Description régionale

Le Tassili n'Ajjer et plus encore le Fezzan ont une structure d'ensemble relativement simple. Je me contenterai d'en décrire les grandes lignes, renvoyant par ailleurs à la carte tectonique (v. page 178).

On a vu que l'enceinte tassilienne était subdivisée en bassins secondaires plus ou moins bien individualisés par de grands axes structuraux subméridiens. On peut ainsi distinguer, à travers le domaine Ajjer et le Fezzan :

— la grande dorsale d'Amguid, qui, prolongeant de vieux et importants accidents du socle précambrien en Ahaggar, se poursuit elle-même probablement très loin vers le N, sous la couverture mésozoïque.

— la dorsale Ajjer, allant de la région de Djanet jusqu'au-delà de l'Edjélé Tan In Azaoua, en passant par le dôme de la région de Tarat et du Tissaghert, et les structures anticlinales de la frontière libyenne.

— enfin, plus à l'E, au Fezzan, le grand massif anticlinal du Jebel Fezzan et des Gargafs.

Vers le S, dans l'ensellement entre l'Ahaggar et le Tibesti, on retrouve, dans la partie centrale du bassin sédimentaire, un certain nombre de petites structures subméridiennes ou de direction NE-SW, tandis que la bordure de l'enceinte tassilienne, tant vers l'W, près du Ténéré du Tafassasset que vers l'E, du Meherchema au NW du Tibesti, montre de nombreux accidents cassants de faible amplitude.

C'est généralement autour de ces grandes dorsales que viennent s'ordonner la plupart des structures anticlinales du Pays Ajjer :

1) *EST DE LA DORSALE D'AMGUID.*

A l'E de la dorsale d'Amguid, se développent plusieurs anticlinaux, de direction sensiblement NNW-SSE, dans une position symétrique aux structures de l'Idjéran par rapport à l'axe d'Amguid. On a ainsi, à l'E du 6° :

— L'ANTICLINAL DE L'EDJÉLÉ TAN ELAK, d'une trentaine de kilomètres de long, il est fortement dissymétrique, avec un flanc E fortement redressé et faillé (Voir Pl. XVI).

— LES ANTICLINAUX DE L'ADRAR TIN TOURAOUIN, DE L'ADRAR TAHINAOUIN ET DE L'ADRAR ESSAOUI MELLEN ; ce sont de grands anticlinaux « coffrés », allongés suivant une direction NNW-SSE, souvent faillés sur leurs flancs orientaux. Les croquis suivants montrent l'allure générale de ces grands accidents. Vers le N, le petit dôme de la Khanfoussa se présente comme un petit brachyanticlinal presque parfait. Sur le flanc E de l'Adrar Essaoui Mellen, une grande faille ramène au jour les schistes à graptolites. L'anticlinal de l'Adrar Tin Touraouin est crevé jusqu'à l'Ordovicien, et son flanc oriental, faillé, montre des décollements et des glissements internes qui rappellent les phénomènes de « *collapse-structure* ». Cette faille de l'Adrar Tin Touraouin — ou faille d'Irassedjem — se poursuit d'ailleurs assez loin vers le S, le long de l'oued In Amarhou jusqu'à la hauteur du Tindesset. Vers l'E, on peut citer les 3 grandes failles du Tamelrik, finissant comme des plis-failles avec une terminaison périclinale dans les formations emsiennes.

Plus à l'E, dans la partie centrale du Bassin Ajjer, on ne trouve que de faibles ondulations locales, comme les petites structures d'Assekhaïfaf, dans le prolongement de la « faille du Fadnoun ».

2) DORSALE DE LA FRONTIÈRE LIBYENNE.

Nous avons déjà vu l'importance de la dorsale Ajjer, s'étendant depuis le N de Djanet jusqu'au-delà de l'Edjélé Tan In Azaoua. Elle se trouve jalonnée par toute une suite de grands anticlinaux dissymétriques, alignés suivant deux directions principales : sensiblement NS, ou NNW-SSE. On a ainsi :

— une première suite de structures sensiblement subméridiennes, débutant avec l'accident du Talagrouna (sur le prolongement du pli-faille de Takioumet), et se poursuivant avec les anticlinaux de l'oued Amasralad, de Tin Hieddan et de l'Edjélé Tan In Azaoua.

— sur cet axe principal, viennent se greffer deux ensembles de structures de direction aberrante :

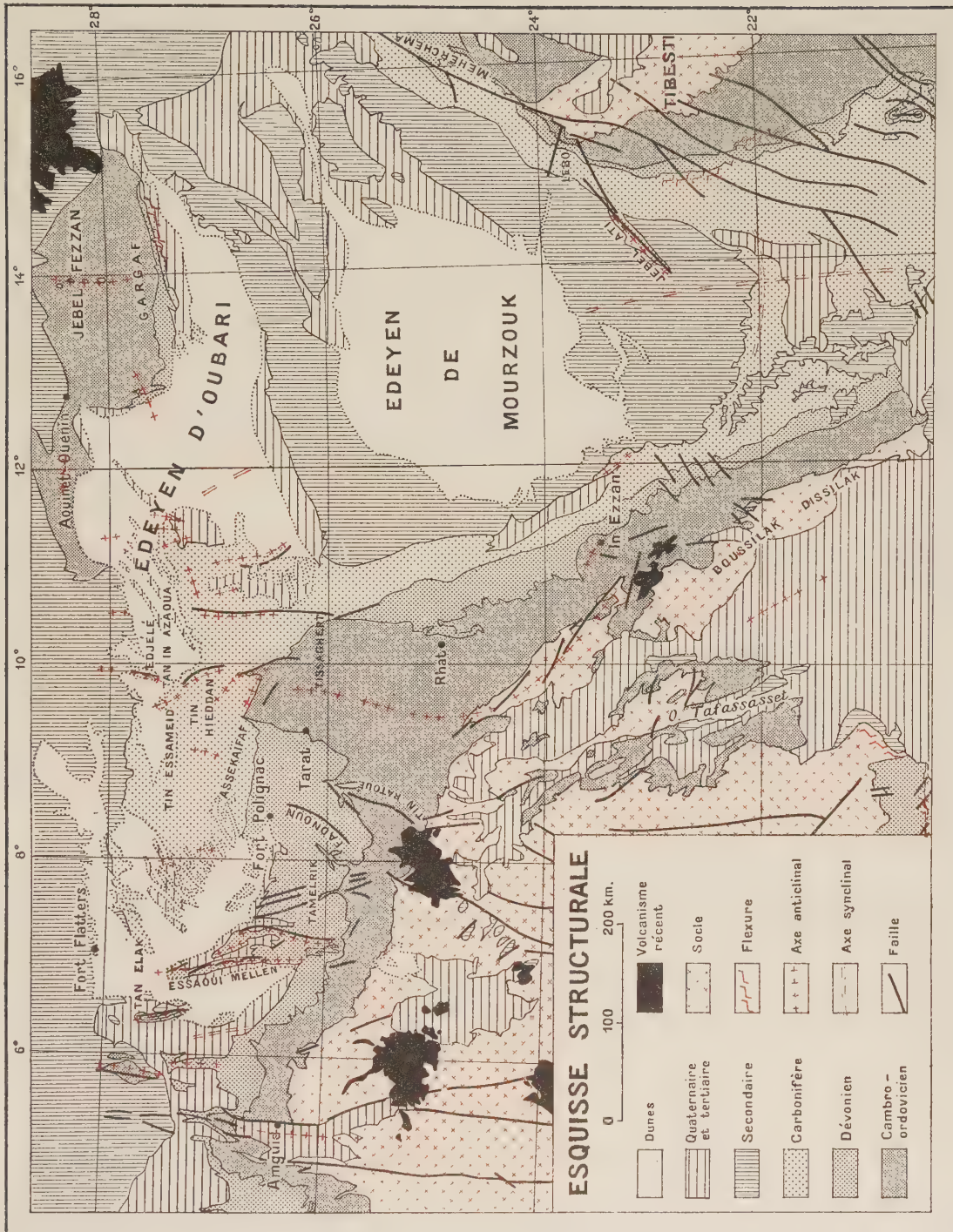
Dans la partie sud, les anticlinaux de l'oued Amasralad, de l'Ikebran et de l'oued Oubarakat, suivant une direction NNW-SSE ; si cette direction semble anormale dans les pays préatassiliens, elle correspond probablement ici, à un grand accident du socle, jalonné également par les volcans de l'oued In Terria et de l'oued In Takoufi.

Plus au N, l'anticlinal de Tin Hieddan semble se poursuivre en direction du NNW, la petite structure du « Dôme à Collenia » n'étant qu'une simple remontée d'axe locale dans cette direction. On retrouve dans le même prolongement les anticlinaux de l'oued Tissit, de l'oued Tahabat, puis, remontant vers le N, celui de Tin Essameid, qui se termine par un très beau périclinal ennoyé partiellement par les dunes de l'erg Bourarhet.

— A l'E de l'axe principal, en Libye, s'observe un faisceau secondaire, groupant les petites structures de Souis, de Tiririne, de Ouan Djeramna et de Ouan Atchan.

3) LES TASSILIS INTERNES.

Les grès cambro-ordoviciens formant les Tassilis internes montrent de nombreuses déformations, souvent très accusées, allant jusqu'aux failles et aux plis-failles. On peut citer en particulier :



— les grandes failles de Terza Anhil, de l'oued Amadjerza (en tête de l'oued Samen) et de l'Adrar Assassouatene. Ces dernières failles semblent se poursuivre plus au N.

— la grande faille de Tin Ratoué, traversant une grande partie du Tassili interne au N de Dider, et se retrouvant à l'entrée des gorges de l'oued Imirhou (Tihoubar Tin Afella).

— dans la région de Djanet même (Pl. XV, fig. 2), les « Grès inférieurs » forment un vaste anticlinal dissymétrique, assez peu accusé, de direction NNW-SSE. Une faille très importante — ou plutôt un ensemble de failles parallèles — abaisse le flanc W de cette structure de plus de 600 m (C. KILIAN, 1934, 1936. M. LELUBRE, 1952).

Plus au S, la bordure tassilienne est souvent affectée par de nombreuses petites cassures, se traduisant par des effondrements de petits blocs. On remarque également plusieurs petits brachyanticlinaux, sensiblement NW-SE, dans la région de In Ezzan.

Enfin, il faut signaler le curieux accident circulaire du Mont Telout, à une soixantaine de kilomètres au NNE de Rhat (Pl. XV, fig. 1). Cet accident, dû probablement à une intrusion volcanique en profondeur (pointement phonolitique ou structure profonde du genre Telerteba ?), se traduit comme un petit anticlinal parfaitement circulaire, à peine érodé, les différents niveaux gréseux étant à l'origine d'une structure en « pelures d'oignons ». Il serait peut-être à rapprocher des grandes structures circulaires connues en Mauritanie.

4) *LE FEZZAN.*

L'approche du Bouclier Libyen semble se traduire par une plus grande rigidité du socle, tandis que de son côté, la couverture, formée maintenant presque essentiellement de sédiments gréseux continentaux, ne montrera guère que de grands accidents cassants.

Dans le N du Fezzan, la région des Gargaf et du Jebel Fezzan se présente comme un très vaste bombement anticlinal peu accusé. Ce n'est que dans la partie centrale, à l'intérieur du Jebel Fezzan, que la remontée d'axe est suffisante pour faire affleurer le cristallin en plusieurs affleurements orientés sensiblement NS (oued Aramas, El Guettar, oued Badran, etc.).

5) *LE S DU BASSIN.*

L'ensellement entre l'Ahaggar et le Tibesti montre un ensemble de petites structures, généralement très peu accusées, de direction subméridienne ou NE-SW (anticlinal du Jebel Ati).

De son côté, la bordure tassilienne présente de nombreux accidents cassants : région du Bousselak et du Dissilak vers l'W ; failles de Latouma et de la région de Kourizo, du col de Lebo, du Meherchema..., dans la partie orientale.

Principales phases tectoniques et âge des différents mouvements

Nous avons vu précédemment au cours de la description stratigraphique que les principaux mouvements du socle responsables des grands accidents de la couverture et des variations de la paléogéographie, se sont succédé d'une façon presque continue pendant tout

le Paléozoïque. Il est illusoire de vouloir retrouver dans les oscillations et les déformations du socle et de la couverture, toutes les phases orogéniques classiques. Il est cependant possible de distinguer plusieurs périodes marquées par de petits paroxysmes :

1) PALÉOZOÏQUE ANCIEN.

— *Fin du Cambrien ?* Il semble que la fin du Cambrien ait été marquée par quelques accidents locaux et des mouvements épirogéniques de vaste amplitude, responsables des érosions et des lacunes observées entre les « Grès de base » et les « Grès à Tigillites » ; ce serait l'équivalent de la « phase sarde » dans l'hypothèse de l'âge cambrien de ces grès.

— *Fin de l'Ordovicien moyen.* L'âge des « Séries à Tigillites » semblant bien établi dans les tassilis du N de l'Ahaggar (Arenig s.l.), nous avons vu qu'une discordance quelquefois importante pouvait séparer ces « Grès à Tigillites » des « Séries terminales » des tassilis internes. Les mouvements qui ont alors affecté la couverture seraient le contre-coup des premiers mouvements tectoniques, assez violents dans le N de l'Afrique (DURAND-DELGA, 1955). C'est principalement à l'Edjélé Tan Elak que l'on retrouve des traces de ces mouvements. Dans la partie centrale de ce dernier anticlinal, les « Séries à Tigillites », formées d'une alternance de grès, d'argiles et de psammites, sont plissées suivant une direction E-W, donnant une suite de petits anticlinaux bien visibles, notamment sur la photo aérienne de la Pl. XVI. Ces structures sont ennoyées par les grès grossiers et les quartzites des « Séries terminales », la discordance angulaire entre les deux séries pouvant atteindre localement 90°.



Fig. 66. — Coupe de la partie sud de la gara d'In Ezzan.

1. Grès cambro-ordovicien. — 2. Schiste à *Graptolites* gothlandien. — 3. Psammites à *Lamellibranches*. — 4. Grès plissés. — 5. Grès supérieurs à *Harlania*.

— *Fin de l'Ordovicien.* La fin de l'Ordovicien est marquée, à travers tout le domaine saharien, par un changement complet de faciès. La présence, à la partie supérieure des « Séries terminales », de conglomérats à galets de granite (Ireladen au N de Rhat, Roui Mousselimi dans le Djado...), témoigne peut-être de mouvements contemporains de la grande phase tectonique. Aucune discordance angulaire certaine n'a pu être observée cependant entre les grès cambro-ordoviens et les schistes gothlandiens.

— *Fin du Gothlandien.* Tandis que d'une manière générale, la fin du Gothlandien voyait les grès plus ou moins grossiers envahir toutes les séries, dans le même temps, des

mouvements calédoniens, contemporains de la *phase ardennaise*, sont responsables de l'émer-sion d'une grande partie du Sahara central ; c'est ainsi que toute la dorsale de la frontière libyenne, au moins jusqu'à la hauteur de l'Edjélé Tan In Azaoua, une grande partie du Fezzan oriental (dôme des Gargaf et du Jebel Fezzan, Meherchema...), ainsi que plus au S, toute la région du synclinal d'In Azaoua et de In Guezzam, se sont trouvées émergées au moins jusqu'à la transgression emsienne. L'érosion de tous ces massifs alimentera pendant tout le Dévonien inférieur les grandes séries détritiques du Tassili n'Ajjer et du Tadrart.



Fig. 67. — Vue de la partie centrale de la gara.

1. Grès gothlandiens redressés. — 2. Grès supérieurs horizontaux. — 3. Éboulis.

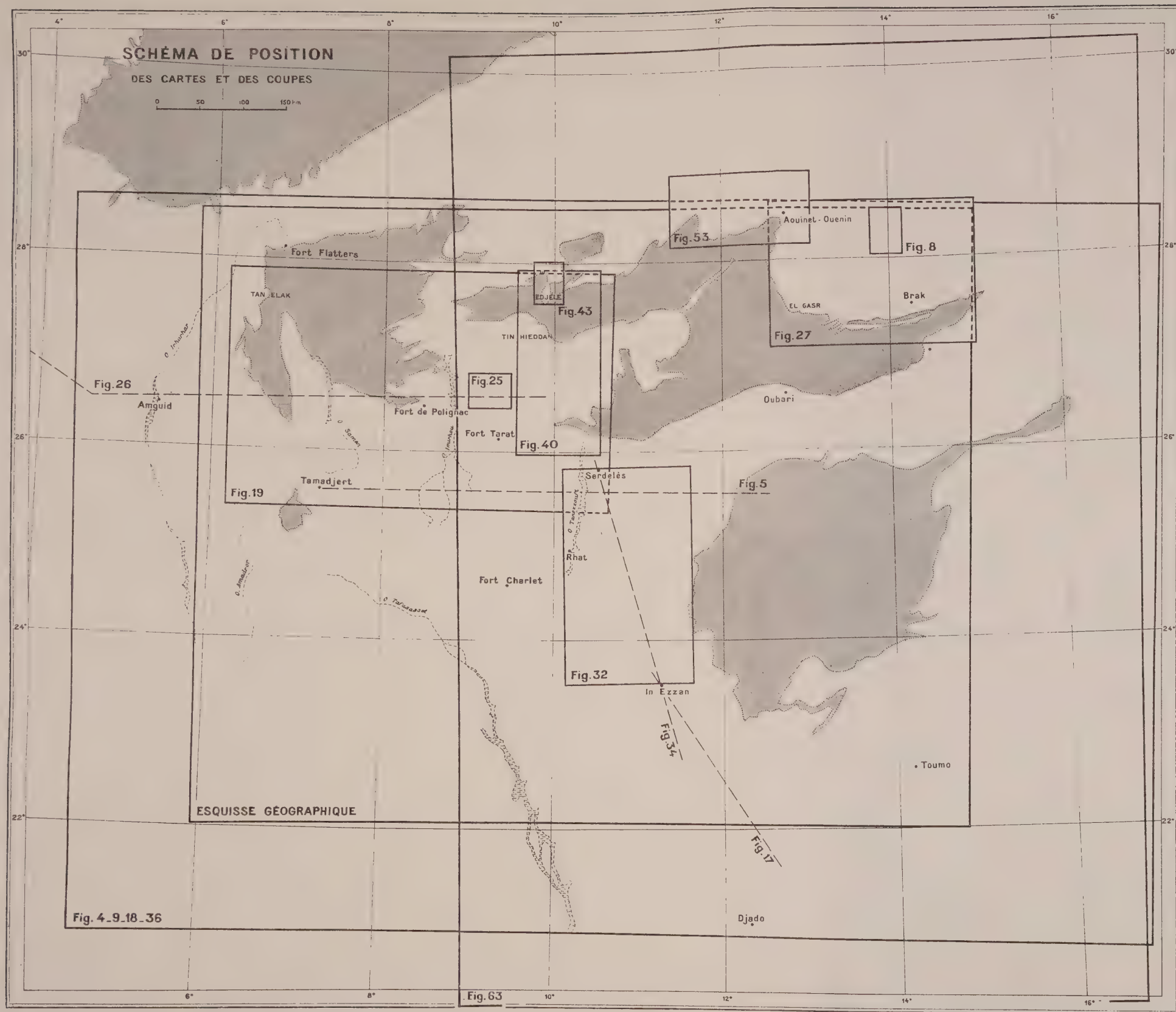
Il faut noter également que les séries gothlandiennes ont quelquefois été plissées et faillées par des mouvements contemporains de cette phase ardennaise. C'est ainsi que dans la région de In Ezzan, on peut voir les premiers grès gothlandiens plissés, érodés et ravinés, parfois même légèrement rubéfiés, puis recouverts en discordance par des « Grès à *Harlania* » du Tadrart. Cette discordance est bien visible sur la face W de la petite Gara de l'Adrar Aman Semerdnin (Voir Pl. XVII), ainsi qu'à la partie supérieure de la Gara même de In Ezzan où la discordance atteint 90°. (Figures 66 et 67 et Planche XVIII).

2) PALÉOZOIQUE RÉCENT (MOUVEMENTS HERCINIENS).

La fin du Dévonien a été marquée par une suite de grands mouvements épirogéniques ayant entraîné l'émer-sion de la plus grande partie de la plateforme saharienne, notamment de tout le Pays Ajjer et de tout le Fezzan.

Puis, tandis que de nombreuses oscillations ont dû se produire pendant une grande partie du Viséen et du Namurien inférieur, la première phase tectonique importante se marque à la fin du Namurien inférieur, se traduisant par une émergence généralisée, avec de petites ondulations locales. Cette phase peut être considérée comme l'homologue de la « *phase erzgebirgienne* ».

Mais, comme dans tout le N de l'Afrique, la plus importante phase de plissement, responsable de la plupart des grandes structures actuelles, a dû se produire à la fin du Carbonifère et serait contemporaine de la *phase asturienne*. Cependant, ce n'est que par corrélations avec le Sahara occidental que l'on peut parler, pour le Tassili n'Ajjer et le Fezzan, de phase asturienne à propos de la phase paroxysmale hercynienne, une lacune totale allant de la fin du Bachkirien au Trias ne permettant pas de dater les derniers mouvements.





TASSILI N'AJJER ET FEZZAN

ESQUISSE GÉOGRAPHIQUE



- Dunes.....
- De 1000 m à 1500 m.....
- Plus de 1500 m.....

A GEOLOGIC STUDY OF THE PRIMARY SERIES OF TASSILI
N'AJJER AND FEZZAN - CENTRAL SAHARA
J.M. FREULON

(original in French)

SUMMARY

The primary series, which are the object of this study, form the NorthEastern section of the great sedimentary belt which encircles the Precambrian Buckler of Ahaggar. They constitute the greater part of the Tassili n'Ajjer and reappear generously in Fezzan, entering into a quadrilateral delimited at 6° & 15° East, on one side, and 28°30' & 22° North, on the other. They continue to the South where they then form the Madama and the Djado Basins.

The whole of the territory studied covers a surface of over 250,000 km². It was therefore not possible to undertake a detailed and complete study. Begun at the end of 1950, the goal of this study was to survey the basic outline of the geology and stratigraphy of the Paleozoic Basins East of the Central Sahara, thus completing the large-scale studies made of the Sahara Platform during the past several years. From 1950-55, five missions each six to eight months long were consecrated to *Field Study*. They were executed for the greater part of the first years, on camelback, later on, in jeeps. Several geologic maps were made, in particular the sheets of 500,000 of Fort-Polignac, Fort-Tarat, Fort-Charlet and a part of Fort-Gardel, Ghelania, Sebha. It was often necessary to raise the topography of a large number of these sheets and to draw «reconnaissance» maps.

The geologic study of the land was completed by the Paleontologic study of the fauna discovered, with the aid of specialists of the different groups; a petrographic study of the Paleozoic sediment was undertaken at the same time.

STRUCTURAL VIEW:

The general structure of the Central Sahara is very simple. Around a Precambrian Buckler which forms the Massive of Ahaggar, several sedimentary belts are ranged:

— the Tassilian Belt, with the inner Tassilis, (formed by the «Grès inférieurs»), the «Sillon intratassilien» hollowed out of the Schists of Gothlandian with *Graptolites*, finally the outer Tassilis (with the Devonian «Grès supérieurs»).

— then towards the exterior, lies the «pre-tassilian land», with the outcrops of the superior Devonian and of the Carboniferous, and finally the «secondary and tertiary blankets», with the CONTINENTAL INTERCALAIRE, the plateaus of the marine Cretaceous, and the continental formation of the Neogene and ancient Quaternaire.

STRATIGRAPHY OF THE PRIMARY SERIES

Lying on a vast Pre-cambrian *Peneplaine*, often deeply altered and *Rubefied*, the Paleozoic blanket includes several series well individualized:

1) THE CAMBRO-ORDOVICIAN:

In the ensemble called by C. Kilian, the «Grès inférieurs» I have distinguished, namely in the central section of Tassili n'Ajjer, three principal series:

— over the Pre-cambrian, the «base sandstone», made principally of massive sandstone, coarse, with cross bedding. Through correlation with the series of Western Sahara, I attribute them to the Cambrien Age, s.l.

— then a series of TIGILLITE SANDSTONE, probably from the Ordovician Age, (or more precisely, from a study of the *Trilobite* and the *Didymograptus* discovered in this series a little further to the West, belonging to ARENIG).

— finally, an old surface of erosion hollowed out of the superior portion of the Tigillite Sandstone, is an ensemble of sandstone often coarse and argilic, called the «Terminal Series», and which can be attributed to a superior Ordovician, or to the extreme base of the Gothlandian (lower Llandovery). It is at the upper level of this horizon which appears, to the North-East of Rhat, a conglomerate with cristalline pebbles (Ireladen).

A more or less identical succession is found in the Northern part of Fezzan (Jebel Fezzan and the Gargaf Region), as well as towards the extreme South of the Ajjer country, in Djado. But, in the latter region, over the «Grès de Base» lies, Very Reduced, the «Grès à Harlania», which represents the exact equivalent of the «Grès à Tigillites» of the North. Two important series of «Grès à Harlania» also exist, one Ordovician, the other either upper Gothlandien or lower Devonian.

2) THE GOTHLANDIAN:

It crops out across the entire Tassili n'Ajjer and is found again towards the East, up to 13° East, in North-Eastern Fezzan, (Bir el Gasr). Towards the South, despite a great reduction in depth, it can be traced up to Djado, beyond 21° North:

Generally, it consists of two distinct ensembles:

— at the base, *Diplograptus* shales, of middle and upper Llandovery. These clays are loaded with Detritics, as they extend towards the South East.

— at the upper level, sandstone and clay are interbedded; this level, very rich in *Problematica* of all kinds and diverse traces, is often known as the «passage zone». Bordering Tadrart, the North from In Ezzan to Serdelés, and towards the West of Tihemboka, there exists, in the middle of this series, a horizon of *Monograptus Dubuis* and *Monograptus* cf. *Nilssoni*, representing the lower Ludlow.

3) THE DEVONIAN:

a) *The Tassili n'Ajjer s. str.*

Here is found the classical succession of the Devonian series, known in all the Tassilis North of Ahaggar, with the exception of the Middle Devonian, which here corresponds with a gap resulting from an *emersion*.

— at the base, the «Grès supérieur» (SIEGENIAN s.l.?), a thick series of sandstone with cross bedding, which constitutes all the Tassilis Externes of the Ajjer Country, from the Amg'id Region to Fadnoun and Tang'et.

The EMSIAN, which is characterized by a lovely fauna of Brachiopodes (*Acrospirifer* e. gr. *Arduennensis* and *Tropidoleptus*) is represented by a series of argillaceous sandstone, not very thick (30 to 80 meters) which continues across all the Ighagraren up to In Akéouet. It seems unknown East of the 10° East.

The upper Devonian includes at the base, a series of shales with lumachellic limestone. A rich enough fauna is found there, (*Spirifer Verneuli*, *Mucrospirifer*, etc...) of the Frasnian. At the upper level, sandstone appears, (with small pieces of wood and *Vertical Tubes* known as «Bourres de fusil») which form the «côte pré-tassilienne».

b) *The Fezzan:*

The Devonian formations crop out on the circumference of the Jebel Fezzan Massive:

— towards the South-West, et Bir el Gasr, a of shale and sandstone series with *Spirifer ascendans* and *Tropidoleptus*, represents the levels of passage of the GIVETIAN to the FRASNIAN.

— towards the North-East, at Aouinet-Ouenin, the upper Devonian is represented by a marine series with *Spirifer Verneuli*, *Mucrospirifer*, and *Leiorhynchus*.

— finally, towards the South, in Western Chati, the upper Devonian is represented above all by semi-continental series with fragments of wood and numerous CHALYBEAT horizons.

c) *The Tadrart:*

The Devonian formations of Tadrart can be divided into three distinct sub-continental series:

— at the base, the HARLANIA SANDSTONES, with the GIGANTOSTRACES.

— then the Takisset Series, formed of coarse sandstone with cross bedding, separated from the *Harlania* Sandstone by the IKNOUEN Horizon.

— finally, in the Ohebran Region, on the East side of Tadrart, a thin series of *argilite* SANDSTONE represents the FRASNIAN.

4) THE CARBONIFEROUS

The carboniferous formations, on the average 600 to 1,000 meters thick, form a great synclinal basin with its axis at the region of the Libyan frontier, and stretching towards the South under the Nubian sandstone, up to the level of 21° North.

One may distinguish:

— a upper TOURNAISIAN, with clay and Chalybeat Oolithes with *Spirifer tornacensis* (Tihemboka, Chati, Aouinet-Ouenin).

— a lower VISEAN, essentially argillitic sandstone with rare of limestone with *Productus*.

— a upper VISEAN, clay and sandstone, with several horizons composed of organo-detritic limestone with large *Productus*, *Spirifer*, etc... Towards the top, appear *Collenia* horizons which pass through all the central section of the Basin.

— a lower NAMURIAN, also clay and sandstone, with numerous lumachellic limestone. Its base is characterized, to the North of Fort-Polignac by *Cravenoceras*. Towards the top, where the clay and the marls predominate, is found a good fauna of important *Productus* and corals.

— an upper NAMURIAN and a MOSCOVIAN, with a series called «calcaires multicolores» separated from the preceeding series by a gap. The change of fauna (New *Productus*, numerous *Nautilus* and *Gasteropodes*), is very clear. The profusulinellid Zone, well known in the Middle Carboniferous of Eastern Europe, is there characterized. It is the exact equivalent of the Russian BACHKIRIAN.

TECTONIC:

The structure of Tassili n'Ajjer and Fezzan is particularly simple. The Tassilian ring is broken into several small basins by big crests marked with numerous Anticlines; often a side has a fault. And so, there is towards the West, the Anticlines, of Tan Elak, of Adrar Essaoui Mellen and Tin Touraouin; in the central section; the Anticlines of the Libyan frontier, from Takioumet to l'Edlêjé; finally, towards the East, the great dome of Jebel Fezzan.

translated by M.L. Garcia.

TABLES

TABLE DES FIGURES

Figures dans le texte :

1. -- Carte de situation des régions étudiées.....	11
2. -- Tableau d'assemblage des cartes topographiques et géologiques.....	13
3. -- Schéma structural du Sahara.....	34
4. -- Carte des affleurements du Cambro-Ordovicien.....	44
5. -- Evolution du Cambro-Ordovicien à travers le Tassili n'Ajjer.....	48
6. -- Coupe du Cambro-Ordovicien du Tan-Elak.....	50
7. -- Schéma montrant les conditions relatives de dépôt des grès à <i>Harlania</i> et des grès à Tigillites.....	53
8. -- Croquis hypsométrique du Jebel Fezzan.....	54
9. -- Carte des affleurements du Gothlandien.....	62
10. -- Log des séries gothlandiennes du Tassili n'Ajjer.....	64
11-12. -- Les séries gothlandiennes à l'W du Tihemboka.....	66
13. -- Log des séries gothlandiennes de l'oued Tanezzouft à l'E de Rhat.....	68
14. -- Coupe de l'anticlinal de l'Edjélé Tan Elak.....	70
15. -- Log des séries gothlandiennes du Tan Elak.....	71
16. -- Coupe de l'anticlinal d'Irrassedjem.....	71
17. -- Évolution des séries gothlandiennes au S des Ajjer, depuis In Ezzan jusqu'au Djado.....	73
18. -- Carte des affleurements du Dévonien dans l'E du Sahara central.....	78
19. -- Carte du Dévonien du Tassili n'Ajjer.....	80
20. -- Log du Dévonien inférieur de la région de Fort-de-Polignac.....	82
21. -- Log du Dévonien inférieur de l'oued Samène.....	83
22. -- Log du Dévonien supérieur de l'Adrar Illiren.....	87
23. -- Log du Dévonien moyen et supérieur de la Gara Tersi.....	90
24. -- Log du Dévonien supérieur de la Gara Enas n'Louki.....	90
25. -- Esquisse géologique de la région d'In Akéouet.....	92
26. -- Évolution du Dévonien supérieur du Mouydir à la Libye.....	93
27. -- Carte des affleurements du Dévonien dans la partie N du Fezzan.....	94
28. -- Log des séries dévoniennes de la région de Bir el Gasr.....	96
29. -- Coupe du Dévonien de la région de Bir el Gasr.....	97
30. -- Log des séries dévoniennes d'Aouinet-Ouenin.....	98

31. — Coupe du cirque d'Aouinet-Ouenin.....	99
32. — Esquisse géologique du Tadrart.....	101
33. — Coupe du Dévonien supérieur du Gassi Ohébran.....	103
34. — Évolution des séries dévoniennes du Tadrart.....	104
35. — Essai de corrélation des séries dévoniennes.....	107
36. — Carte des affleurements du Carbonifère.....	112
37. — Log des séries carbonifères des Issaouan.....	120
38. — Log des séries carbonifères du Tihemboka à l'Ikebran.....	122
39. — Log des séries carbonifères de Tin Essameid.....	124
40. — Carte du Carbonifère de la frontière libyenne.....	126
41. — Log des séries carbonifères de Tin Hieddan.....	127
42. — Coupe du Carbonifère de Tin Hieddan.....	128
43. — Carte de la région de l'Edjélé Tan in Azaoua.....	130
44. — Coupe schématique à travers l'anticlinal de l'Edjélé Tan in Azaoua.....	131
45. — Coupe des séries supérieures de l'Edjélé Tan in Azaoua.....	132
46. — Coupe de la Gara sommitale de l'Edjélé Tan in Azaoua.....	132
47. — Log des séries carbonifères de Anou in Haberten.....	136
48. — Coupe des séries carbonifères d'Anou Souis.....	137
49. — Coupe des séries terminales d'Anou Souis.....	138
50. — Coupe des séries carbonifères de la région de Tiririne.....	140
51. — Log des séries carbonifères à l'E de Serdelès.....	142
52. — Log des séries carbonifères du Zegher.....	145
53. — Carte du Carbonifère au S de la Hamada el Homra.....	147
54. — Log des séries carbonifères d'Aouinet-Ouenin-Dembaba.....	148
55. — Log des séries carbonifères du Chati, au NNE de Gotta.....	149
56. — Log des séries carbonifères du Chati, près de la Gara Maharouga.....	150
57. — Log des séries carbonifères du Chati, à l'E de Brak.....	152
58. — Log des séries carbonifères du Chati, au NE d'Ech-Kida.....	153
59. — Log des séries carbonifères des confins Ajjer-Tebou.....	155
60. — Log des séries carbonifères du bassin du Djado.....	158
61. — Log des séries carbonifères de Madama à Latouma.....	159
62. — Log des séries carbonifères de Logri.....	161
63. — Carte des formations post-paléozoïques.....	170
64. — Log des Grès de Nubie d'Anaï.....	174
65. — Essai de corrélation des Séries post-paléozoïques.....	176
66. — Coupe de la partie Sud de la Gara d'in Ezzan.....	180
67. — Vue de la partie centrale de la Gara.....	181

Figures et Cartes hors texte :

Esquisse paléogéographique du Cambro-Ordovicien.....	56
Esquisse paléogéographique du Gothlandien.....	73
Esquisse paléogéographique du Dévonien inférieur.....	105

Esquisse paléogéographique du Dévonien moyen.....	107
Esquisse paléogéographique du Dévonien supérieur.....	109
Esquisse paléogéographique du Carbonifère inférieur.....	165
Esquisse paléogéographique du Carbonifère moyen.....	169
Esquisse structurale du Tassili n'Ajjer et du Fezzan.....	178
Esquisse géographique du Tassili n'Ajjer et du Fezzan.....	183
Schéma de position des coupes.....	183

TABLE DES PLANCHES

- Pl. 1. — Morphologie tassilienne.
 Pl. 2. — Les Tassilis internes.
 Pl. 3. — Morphologie des Tassilis internes.
 Pl. 4. — *Problematica* des séries ordoviciennes et gothlandiennes.
 Pl. 5. — *Problematica* de l'Ordovicien, du Gothlandien et du Dévonien.
 Pl. 6. — Le Jebel Fezzan, l'Akakous.
 Pl. 7. — Le Tadrart.
 Pl. 8. — Les confins Ajjer-Tebou.
 Pl. 9. — L'Adrar Aman Semmerdnin et la région d'In Ezzan.
 Pl. 10. — Le Dévonien du Fezzan.
 Pl. 11. — Les « Grès supérieurs » du Tadrart.
 Pl. 12. — Le Carbonifère de la frontière libyenne.
 Pl. 13. — Les séries à *Collenia* du Carbonifère.
 Pl. 14. — Les formations post-paléozoïques.
 Pl. 15. — Structure et Tectonique du Tassili n'Ajjer : le Telout, Djanet.
 Pl. 16. — L'Edjélé Tan Elak (vue aérienne).
 Pl. 17. — L'Adrar Aman Semmerdnin.
 Pl. 18. — La Gara d'In Ezzan.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS.....	2
AVERTISSEMENT.....	9
CHAPITRE PREMIER. — INTRODUCTION.....	11
Cadre de l'étude.....	11
Cartographie.....	12
Index des cartes.....	14
Glossaire des termes locaux.....	15
Photographies aériennes.....	16
CHAPITRE II. — HISTORIQUE, BIBLIOGRAPHIE.....	19
I. — Historique.....	19
Recherches géologiques depuis 1954.....	20
Recherches personnelles.....	20
II. — Bibliographie.....	22
1. Publications relatives au Tassili N'Ajjer et au Fezzan.....	22
2. Publications relatives aux autres régions africaines.....	26
CHAPITRE III. — APERÇU GÉOGRAPHIQUE ET STRUCTURAL.....	31
I. — Cadre géographique.....	32
Les grandes divisions régionales.....	32
II. — Schéma structural.....	35
III. — Caractères morphologiques.....	36
CHAPITRE IV. — APERÇU SOMMAIRE SUR LE SOCLE PRÉCAMBRIEN....	39
I. — L'Ahaggar.....	39
II. — Le Précambrien du Jebel Fezzan.....	40
III. — Le problème des « séries intermédiaires » et de l'Infracambrien.....	41
CHAPITRE V. — LE CAMBRO-ORDOVICIEN.....	43
Les affleurements.....	43
1. Le Tassili N'Ajjer.....	43
a) Les tassilis internes.....	43
b) Les anticlinaux des « Pays prétassiliens ».....	44
c) Les forages.....	44

2. Le N du Fezzan.....	45
3. Le S du Domaine Ajjer et du Fezzan.....	45
Description stratigraphique.....	46
I. — Le Cambro-Ordovicien du Domaine Ajjer.....	46
1. Le Tassili N'Ajjer s. str.....	46
a) Les « grès de base » des tassilis internes.....	46
b) Les séries à tigillites.....	47
c) Les séries terminales.....	48
2. Les anticlinaux des pays prétassiliens.....	50
a) Anticlinal d'Irrasedjem.....	50
b) Anticlinal de l'Edjélé Tan Elak.....	51
3. Le N du Bassin.....	51
II. — Le Cambro-Ordovicien du S du Pays Ajjer et du Fezzan.....	51
1. Le S du Pays Ajjer : du Tafassasset au Djado.....	51
a) Les grès de base.....	51
b) Les « grès à <i>Harlania</i> ».....	52
c) Les « séries terminales ».....	53
2. Le S du Fezzan : du Meherchema aux premiers contreforts du Tibesti	53
III. — Le Cambro-Ordovicien du N du Fezzan.....	55
Les différentes séries.....	55
1. Les « grès de base ».....	55
2. Les « grès du Melez Chogran ».....	56
3. Les « séries terminales ».....	56
Comparaison avec les autres séries cambro-ordoviciennes et âge des « grès inférieurs ».....	56
1. Chaînes d'Ougarta.....	56
2. Des chaînes d'Ougarta au N du Hoggar : Le Touat.....	58
3. Les Tassilis du N du Hoggar : Ahnet et Mouydir.....	58
Coupe de Ouallen.....	58
Coupe de Tadjmout.....	58
CHAPITRE VI. — LE GOTHLANDIEN.....	61
Historique.....	61
Les affleurements gothlandiens.....	63
1. Le Tassili N'Ajjer.....	63
2. Le Fezzan.....	63
3. Le S du Bassin.....	65
Description stratigraphique.....	65
1. Le Tassili N'Ajjer.....	65
Bordure orientale.....	69
Anticlinaux des pays prétassiliens, au N.....	70
Anticlinaux de la frontière libyenne.....	72
N du bassin.....	72
2. Le Fezzan.....	72

3. Le S du Pays Ajjer et du Djado.....	72
Esquisse paléogéographique.....	73
La mer à graptolites.....	74
La régression de la fin du Gothlandien.....	74
Comparaisons et corrélations.....	75
CHAPITRE VII. — LE DÉVONIEN.....	77
Description stratigraphique.....	79
I. — Le N du Tassili N'Ajjer.....	79
Historique.....	79
1. Le Dévonien inférieur.....	79
a) Les « Grès supérieurs ».....	79
b) Le Dévonien inférieur argilo-gréseux-Emsien s.l.....	81
— Région de Fort-de-Polignac.....	81
— Evolution de l'Emsien vers l'E.....	83
— Le Dévonien inférieur argilo-gréseux à l'W de Fort-de-Polignac.....	83
— Région de Ain El Hadjadj.....	84
— Anticlinal du Tan Elak.....	84
— Pétrographie des grès emsiens.....	85
— Age des séries argilo-gréseuses.....	85
2. Le Dévonien moyen.....	85
— Calcaires eiféliens.....	85
3. Le Dévonien supérieur : Frasnien et Famennien, coupe de l'Adrar Illiren.....	86
Age des séries de l'Adrar Illiren.....	89
— Le Dévonien supérieur dans l'W du Tassili N'Ajjer.....	89
— Evolution du Dévonien supérieur à l'E de Fort-de-Polignac.....	90
— Dévonien de la frontière libyenne.....	91
— Variation de puissance du Dévonien supérieur.....	91
II. Le N du Fezzan.....	93
Historique.....	94
La question du Dévonien inférieur.....	95
1. Le Dévonien du Chati Occidental, coupe de Bir El Gasr.....	95
— Position de cette série.....	96
— Age de la série de Bir El Gasr.....	97
— Evolution des séries dévoniennes.....	97
2. Le Dévonien supérieur d'Aouinet-Ouenin.....	98
Age de la série.....	99
III. — Le Dévonien de la bordure E du Tassili N'Ajjer.....	100
Les séries du Tadrart.....	100
1. Les « grès à <i>Harlania</i> ».....	100
2. L' « Horizon d'Ikniouen ».....	102
3. La série de Takisset.....	102
4. La série d'Ohebran.....	103
Age des séries.....	104
IV. — Le Dévonien du Pays Tebou : S du Tadrart, Djado et S du Fezzan.....	105

1. Les « Grès à Harlania ».....	105
2. Le Dévonien moyen et supérieur du Bassin de Djado.....	105
3. Les Grès à Spirophyton.....	106
Comparaisons et corrélations entre les différentes séries dévoniennes.....	106
Esquisse paléogéographique.....	107
Dévonien inférieur.....	107
La « transgression emsienne ».....	108
Dévonien moyen.....	108
Dévonien supérieur.....	108
 CHAPITRE VIII. — LE CARBONIFÈRE.....	111
Historique.....	111
Les affleurements.....	113
I. — Le Bassin Ajjer-Fezzan.....	114
II. — Le Bassin Tebou.....	114
Description stratigraphique.....	114
I. — Le Bassin Ajjer-Fezzan.....	115
1. Le Carbonifère de la partie N du Pays Ajjer : Issaouane et Assekhaifaf.....	115
— Coupe d'Issaouane (de l'Oued Tekhammat à Tin Zaouaten).....	115
1. Série d'Issendjel.....	115
Age de la série.....	116
2. Série de l'Oued Assekhaifaf.....	116
3. Série de l'Oued Oubarakat.....	117
4. Série d'El Adeb Larache ou « série des calcaires multicolores ».....	118
— Coupe de Anou Sougued-Ikebran.....	118
1. Le Tournaisien du Tihemboka.....	118
2. Série de Anou Sougued.....	119
3. Les niveaux à <i>Collenia</i>	119
4. Série de l'Ikebran.....	123
— Coupe de Tin Essameid.....	123
1. Série de Tin Essameid.....	123
2. Série des « Calcaires multicolores ».....	123
2. Le Carbonifère de la frontière libyenne.....	126
a) Le Carbonifère de l'Anticlinal de Tin Hieddan.....	126
1. Les niveaux de base.....	126
2. Les niveaux à <i>Collenia</i>	128
3. Les grès à champignons supérieurs et les couches associées.....	129
4. Série des « Calcaires multicolores ».....	129
b) L'Anticlinal de l'Edjélé Tan In Azaoua.....	129
Les séries stratigraphiques.....	129
1. Les « Calcaires multicolores » et la série argilo-calcaire.....	131
2. Les séries terminales.....	132
3. Faune des calcaires.....	133
c) Les séries carbonifères à l'E de la frontière libyenne, Région de In Habertene-Souis-Tiririne.....	134
1. Coupe de In Habertene.....	135

2. Coupe de Anou Souis.....	137
3. Coupe de Tiririne.....	139
d) Les séries carbonifères à l'E de Serdelès.....	141
1. Les niveaux de base.....	141
2. Série de l'Adrar Eri N'Anoubi.....	143
3. L'Horizon à <i>Collenia</i>	143
4. Série de l'Oued Oubarakat.....	143
5. Calcaires de Tisselatine et séries terminales du Carbonifère.....	143
3. Le Carbonifère du Zegher.....	144
4. Le Carbonifère du Fezzan nord-occidental.....	146
5. Le Carbonifère du Chati.....	147
— Problème de la limite Carbonifère-Dévonien.....	148
— Séries du Chati.....	148
II. — Le Bassin Tebou.....	154
1. Le Carbonifère du SE du Pays Ajjer : Région de Salvador et d'El Ouar.....	154
2. Le Carbonifère du Bassin de Madama s.str.....	156
3. Le Carbonifère du SE du Fezzan.....	160
Age des séries carbonifères.....	162
Comparaisons et corrélations entre les différentes séries carbonifères.....	164
Esquisse paléogéographique.....	165
La transgression tournaisienne.....	165
Les mers viséennes et namuriennes.....	166
Les horizons à <i>Collenia</i>	166
La régression du Namurien supérieur et la mer du Bachkirien.....	166
CHAPITRE IX. — APERÇU SOMMAIRE SUR LES SÉRIES POSTPALÉOZOIQUES.....	169
Introduction.....	169
I. — Les séries mésozoïques du N du Tassili N'Ajjer et du Fezzan.....	169
Le Continental intercalaire de la frontière libyenne.....	169
Séries continentales de l'Erg d'Issaouane.....	172
II. — Les Grès de Nubie.....	172
Coupe des Grès de Nubie depuis Ifafane jusqu'à Tehi N'Arhelad.....	173
Les flores du Continental intercalaire.....	175
Comparaisons et corrélations.....	176
CHAPITRE X. — STRUCTURE ET TECTONIQUE.....	177
Description régionale.....	177
1. E de la Dorsale d'Amguid.....	177
2. Dorsale de la Frontière Libyenne.....	178
3. Les Tassilis internes.....	178
4. Le Fezzan.....	179
5. Le S. du Bassin.....	179

Principales phases tectoniques et âge des différents mouvements.....	179
1. Paléozoïque ancien.....	180
2. Paléozoïque récent (mouvements hercyniens).....	181
RÉSUMÉ EN ANGLAIS	183
TABLE DES FIGURES.....	189
Figures dans le texte.....	189
Figures hors texte.....	190
TABLE DES PLANCHES	191
TABLE DES MATIÈRES.....	193

PLANCHES

PLANCHE I

MORPHOLOGIE TASSILIENNE

Fig. 1. — La falaise tassilienne à l'Ouest de l'Adrar n'Ajjer (Maader d'Afara). Inselberg isolés en avant de la falaise.

Fig. 2. — Tassili externe et sillon intratassilien. Le Tadrart et l'Oued Tanezzouft au NE de Rhat.



1



2



1



2

PLANCHE II

LES TASSILIS INTERNES

Fig. 1. — Erosion ruiniforme des grès cambro-ordoviciens = les « Irrekam ». Cette érosion se produit au départ d'un réseau de diaclases. Chaque colonne a une vingtaine de mètres de hauteur en moyenne.

Fig. 2. — Vue aérienne de la falaise tassilienne à l'Est de Djanet (Tafelalet). Les grès présentent un à-pic vertical de près de 400 m.

PLANCHE III

MORPHOLOGIE DES TASSILIS INTERNES

Le Tassili n'Ajjer, (vue aérienne à l'Est de l'Adrar Ajjer).
Le plateau de grès Cambro-Ordovicien est disloqué par un réseau très complexe de failles et de diaclases. A droite, le socle précambrien recouvert par les sables et les regs quaternaires, (partie Ouest du Tassili n'Ajjer entre le Nord de l'Erg Tihodaïne et le Nord de l'Adrar Ajjer).

(Photo Institut Géographique National).





1



2

PLANCHE IV

PROBLEMATICA DES SÉRIES ORDOVICIENNES
ET GOTHLANDIENNES

Fig. 1 et 2. — *Harlania* (v. texte p. 52).

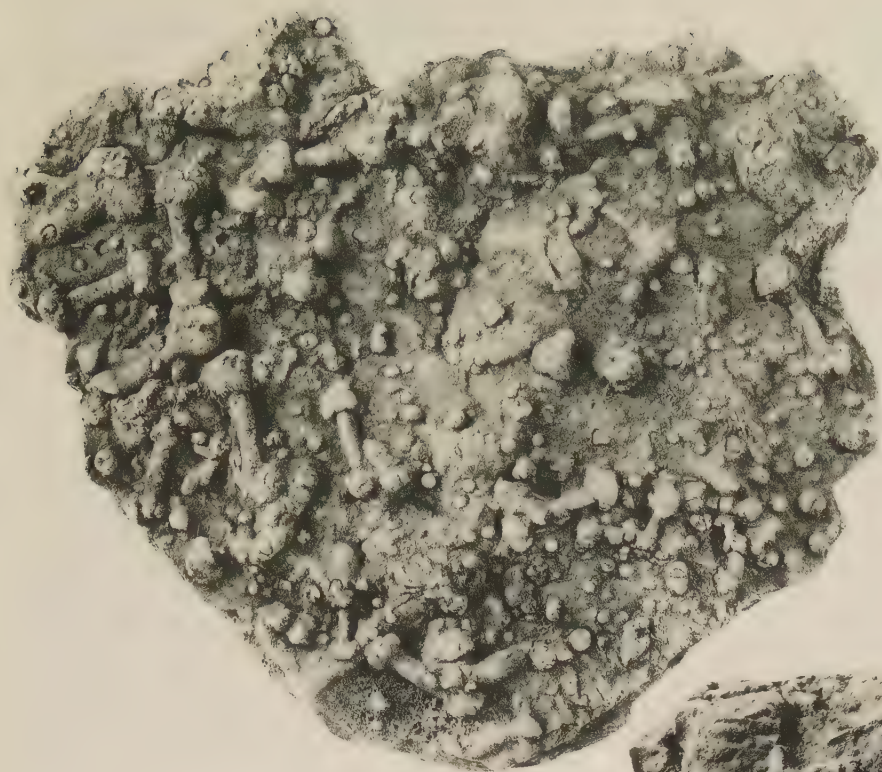
PLANCHE V

PROBLEMATICA DE L'ORDOVICIEN
DU GOTHLANDIEN ET DU DÉVONIEN

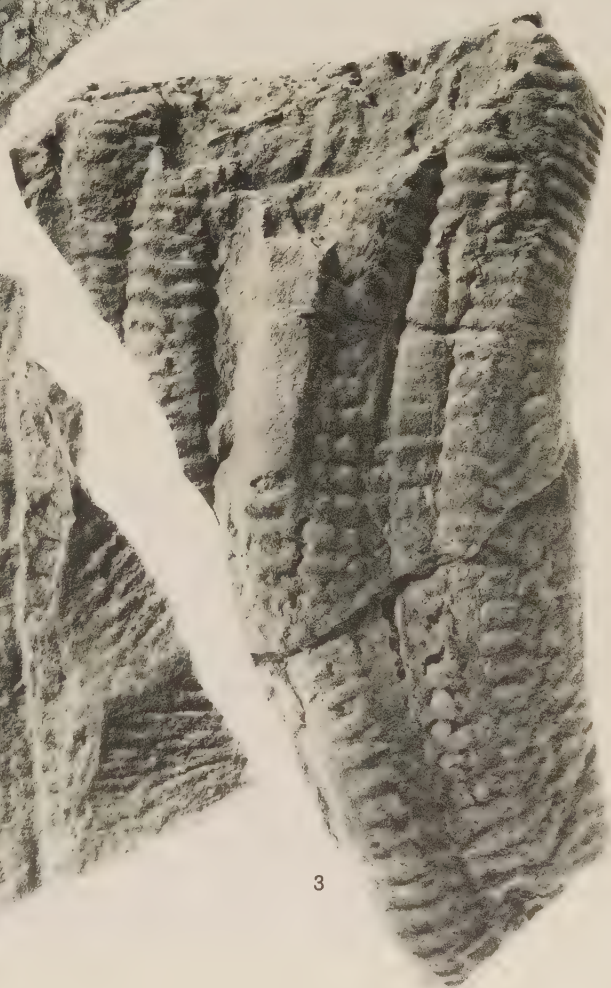
Fig. 1. — *Bifungites*.

Fig. 2. — *Bilobites*.

Fig. 3. — *Harlania*.



1



3



2



1



2

PLANCHE VI

Fig. 1. — *Le Jebel Fezzan*. Vue aérienne. Grès cambro-ordoviciens diaclasés et faillés ; vers la gauche, un culot phonolitique, au centre une petite coulée basaltique.

Fig. 2. — La falaise gothlandienne à l'Est de Rhat. Vue aérienne des falaises de l'Akakous, à la hauteur de Rhat. Les « Grès à *Harlania* », formant la partie supérieure des falaises, reposent sur les argiles gothlandiennes qui s'étendent jusqu'à l'oued Tanezzouft visible à l'extrême droite de la photo.

PLANCHE VII

L'extrémité Sud du Tadrart : vue aérienne des formations gothlandiennes dans la région de Tin er Rada. Le sillon intratassilien avant sa disparition au S. de Rhat.

(Photo Institut Géographique National).





PLANCHE VIII

LES CONFINS AJJER TEBOU

Vue aérienne de la gara d'In Ezzan au Mangueni.

(Photo Institut Géographique National).

PLANCHE IX

L'Adrar Aman Semmerdnin et la région d'In Ezzan.

(Photo Institut Géographique National).





1



2

PLANCHE X

LE DÉVONIEN DU FEZZAN

Fig. 1. — *Bir el Gasr*. Vue des petites falaises d'El Gasr. A la partie inférieure, les argiles gothlandiennes.

Fig. 2. — *Aouinet-Ouenin*. Vue aérienne vers l'Ouest du ravin d'Aouinet Ouenin. Le versant gauche comporte du Devonien supérieur surmonté de Senonien marin. Sur le versant droit les premiers bancs du Carbonifère viennent s'intercaler entre les couches précédentes. Au loin, débouché vers l'Edeyen d'Oubari.

(Photo J. Ph Lefranc).

PLANCHE XI

LES GRÈS SUPÉRIEURS DU TADRART

Fig. 1. — *L'Oued Arrikin*. Vue aérienne de l'Oued, dans sa partie centrale, encaissée dans les grès du Tadrart. Photo prise en direction de l'Est.

Fig. 2. — *L'horizon d'Ikniouen et ses paléosols*. Entre les grès blancs fins, lités de la base de l'affleurement, et les grès rouges friables, à stratification entrecroisée qui les surmontent, s'intercalent un ou peut-être plusieurs lits ferrugineux, de grès à oligiste, qui peuvent atteindre 30 cm d'épaisseur. De cet horizon, descendent dans le grès sous-jacent des tubulures, de quelques cm à 10 cm de diamètre. Dans cette zone on note aussi la présence de « galets » ferrugineux, très visibles sur la photographie. (Hauteur de l'affleurement figuré ici : 4 m environ).



1



2



1



2

PLANCHE XII

LE CARBONIFÈRE DE LA FRONTIÈRE LIBYENNE

Fig. 1. — *L'anticlinal de Tin Hieddan*. Vue aérienne de la partie centrale de l'anticlinal de Tin Hieddan, prise en direction de l'Ouest. On peut remarquer les séries dinantiennes qui recouvrent directement le Gothlandien érodé, visible à la partie centrale. On aperçoit également, en bas, à droite de la photo, les reliefs formés par les grès de la base du Dinantien, redressés et faillés.



G. Gothlandien, C. série à *Collenia*, N. série de calcaires multicolores. Au centre de la photo, en avant du gothlandien, le petit massif sombre est formé par les argiles et grès du Tournaisien séparés par une faille longitudinale (F) des séries à *Collenia*.

A.B. = tracé de la coupe. (Voir aussi fig. 41 et 42, p. 127-128).

Fig. 2. — *L'Edjélé Tan In Azaoua*. Vue aérienne de l'Edjélé Tan In Azaoua. La photo est prise à une quinzaine de kilomètres au NE de l'anticlinal, à peu près au-dessus de l'aérodrome de Maison-Rouge (à l'époque, inexistant ; photo prise en août 1955).

PLANCHE XIII

LES SÉRIES A COLLENIA DU CARBONIFÈRE

Fig. 1. — Vue prise dans la région de la frontière libyenne, à l'Est du Talagrouna. Type de *Collenia* en grandes « sphères » isolées atteignant 1 à 3 mètres de diamètre. Reposant ici sur des argiles vertes, elles ont roulé sur le versant de la falaise. On voit, à gauche, l'une de ces « sphères » sectionnée et montrant sa structure interne.

Fig. 2. — Vue du niveau à *Collenia* au Sud du puits de Ti Haliouine. (La boussole donne l'échelle).



1



2



1



2

PLANCHE XIV

LES FORMATIONS POSTPALÉOZOIQUES

Fig. 1. — *Grès de Nubie*. La falaise du Messak Mellet au Sud de Rhat.

Fig. 2. — Le volcanisme récent. Pointements phonolitiques dans le Jebel Fezzan.

PLANCHE XV

STRUCTURE ET TECTONIQUE DU TASSILI N'AJJER

Fig. 1. — *L'accident circulaire du Telout.* Accident circulaire dans le Cambro-Ordovicien. On distingue un pointement central (grès soulevés par une intrusion volcanique ?) et une zone périphérique annulaire ennoyée par les alluvions.

Fig. 2. — *La grande faille de Djanet.* La palmeraie de Djanet, l'une des plus belles du Sahara Central est située en bordure de l'enceinte tassilienne. Les petits villages qui la constituent sont sur le socle précambrien : série pharusienne à intrusions granitiques (partie droite de la photo). A gauche, un grand panneau de grès cambro-ordoviciens, bordé par la « grande faille de Djanet », de plusieurs centaines de mètres de rejet, jalonnée par les multiples sources qui alimentent les jardins de l'oasis. A l'horizon, la falaise tassilienne.



1



2



PLANCHE XVI

L'EDJÉLÉ TAN ELAK

Fig. 1. — Vue aérienne de l'Anticlinal de l'Edjélé Tan Elak. Partie centrale de la structure avec les 5 petits anticlinaux Est-Ouest intéressant les séries à Tigillites de l'Ordovicien, recouverts en discordance par les séries terminales de l'Ordovicien supérieur.

(Photo Institut Géographique National).

PLANCHE XVII

L'ADRAR AMAN SEMMERDNIN (Sud du TADRART)

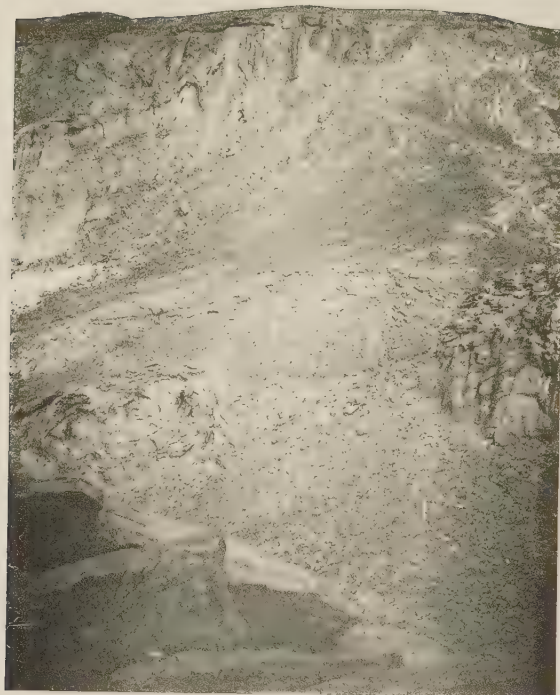
- Fig. 1. — Vue prise en direction de l'Est. Cette gara, isolée dans un petit cirque, atteint une soixantaine de mètres de hauteur. Les grès gothlandiens plissés, érodés, et parfois même rubéfiés légèrement, sont recouverts en discordance par les grès à *Harlania* du Tadrart, après la phase ardennaise. La discordance est ici particulièrement bien visible.
- Fig. 2. — Vue plus détaillée, prise face aux grottes aux peintures et aux gravures (J.M. FREULON, 1954). La série supérieure recouvre une ancienne surface d'érosion qui, ici, recoupe un accident localisé.



1



2



1



2

PLANCHE XVIII

LA GARA D'IN EZZAN

Fig. 1. — *In Ezzan*. Vue prise du Sud-Ouest de la source (v. texte et fig. 66 et 67, page 181). On voit les dernières séries gréseuses du Gothlandien (dans lesquelles s'intercale l'horizon à Lamellibranches), redressées presque à la verticale. La partie supérieure est légèrement ravinée et recouverte par des grès plus ou moins grossiers, ayant fourni quelques *Harlania*. Cette discordance est encore plus nette sur le versant Est de la gara.

Fig. 2. — Vue de la partie centrale de la gara.

*Achevé d'imprimer
en Octobre 1964
sur les Presses de
l'Imprimerie PRIESTER à Paris
pour la typographie
et par les Ateliers d'Impressions d'Art
Jean BRUNISSEN à Paris
pour les planches hors-texte
en phototypie.*

